Ⅱ. 시 설 물 편

제 1장 문수터널(부산)

제 2장 문수터널(울산)

제 1 장 문수터널(부산)

1.1 시설물 개요

1.2 외관조사

1.3 내구성조사

1.4 종합평가

1.5 사용제한 필요성

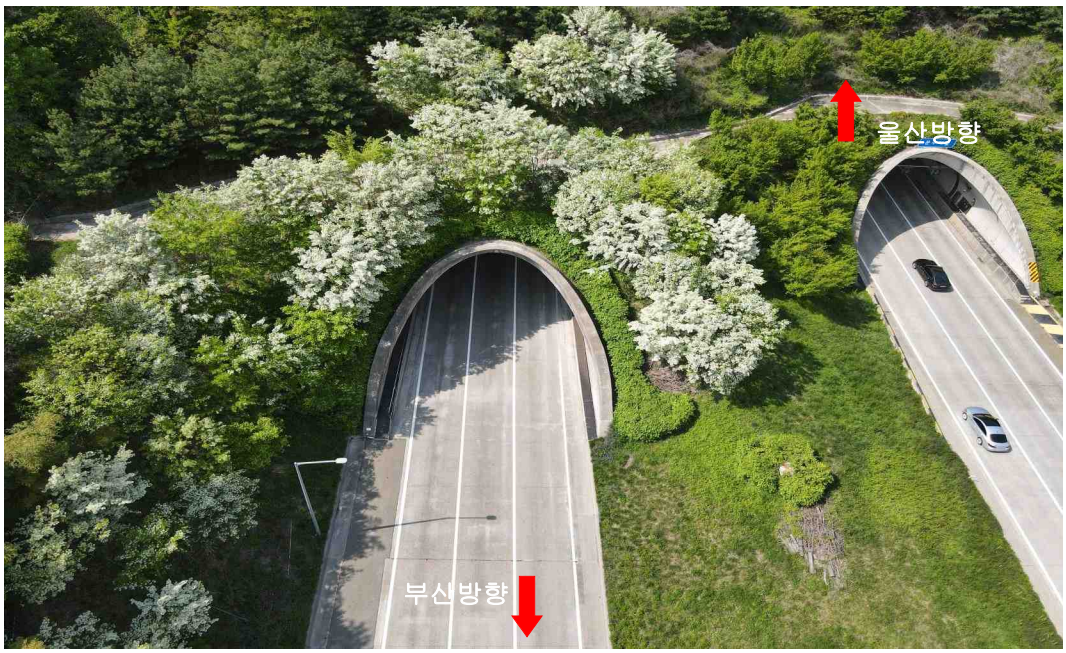
1.6 보수・보강 및 유지관리방안

1.7 종합결론

제 1 장 문수터널(부산)

1.1 시설물개요

1.1.1 문수터널(부산) 전경



시점부 전경

종점부 전경

1.1.2 터널현황

본 과업 대상구조물인 문수터널(부산)의 터널현황은 다음 표와 같다.

<표 1.1.1> 문수터널(부산) 터널현황

터 널 명	문수터널(부산)		
시설물번호	TU2008 - 0000196	관 리 번 호	-
노 선 명	부산울산고속도로 (고속국도65호선)	시 행 청	부산울산고속도로(주)
시 점	울산광역시 울주군 청량읍 율리 산 9-5	종 점	울산광역시 울주군 범서읍
터 널 형 식	NATM	관 리 주 체	부산울산고속도로(주)
차 선 수	편도 3차로	환 기 방 식	Jet-Fan
연 장	1,508m	설 계 사	한국종합기술
내 공 단 면	폭 : 10.8m(차도폭) 높이 : 8.2m	시 공 사	삼성물산, 삼성중공업
배 수 형 식	배수식	감 리 사	-
종단 기울기	0.5%	착 공	2001년 09월 17일
평 균 선 형	곡선반경 R = 1,494.9m	준 공	2008년 12월 31일
연 결 통 로	피난연락갱 3개소	갱 문 형 식	벨마우스
주 요 공 법	강섬유보강 숏크리트, 락볼트	보 조 공 법	격자지보, 휘폴링, 강관 다단 그라우팅

1.1.3 위치도

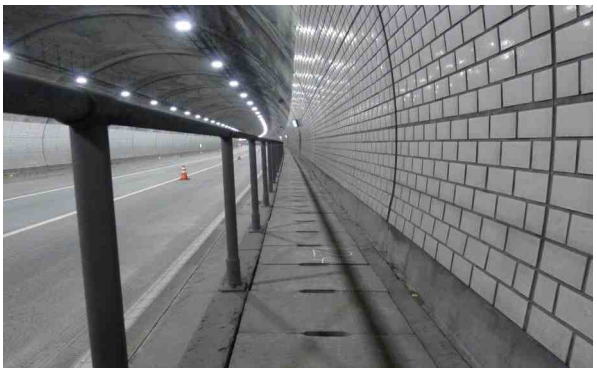
<그림 1.1.1> 위치도

1.1.4 부재별 전경

a. 터널 내부 전경

b. 천단부 전경

c. 측벽부 전경



d. 공동구 전경

e. 배수시설 전경

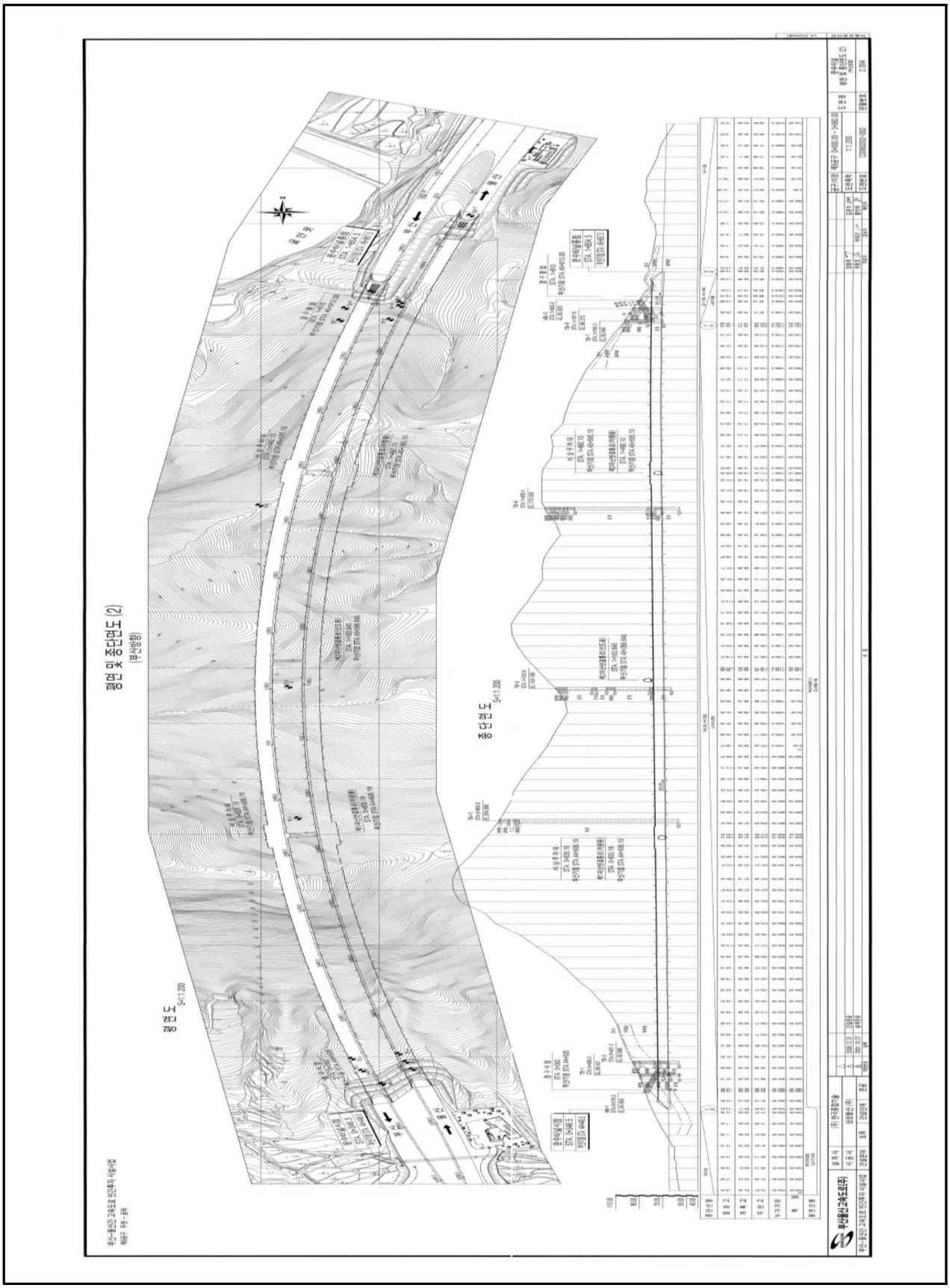
f. 포장부 전경

g. 갱문 및 사면 전경(시점)

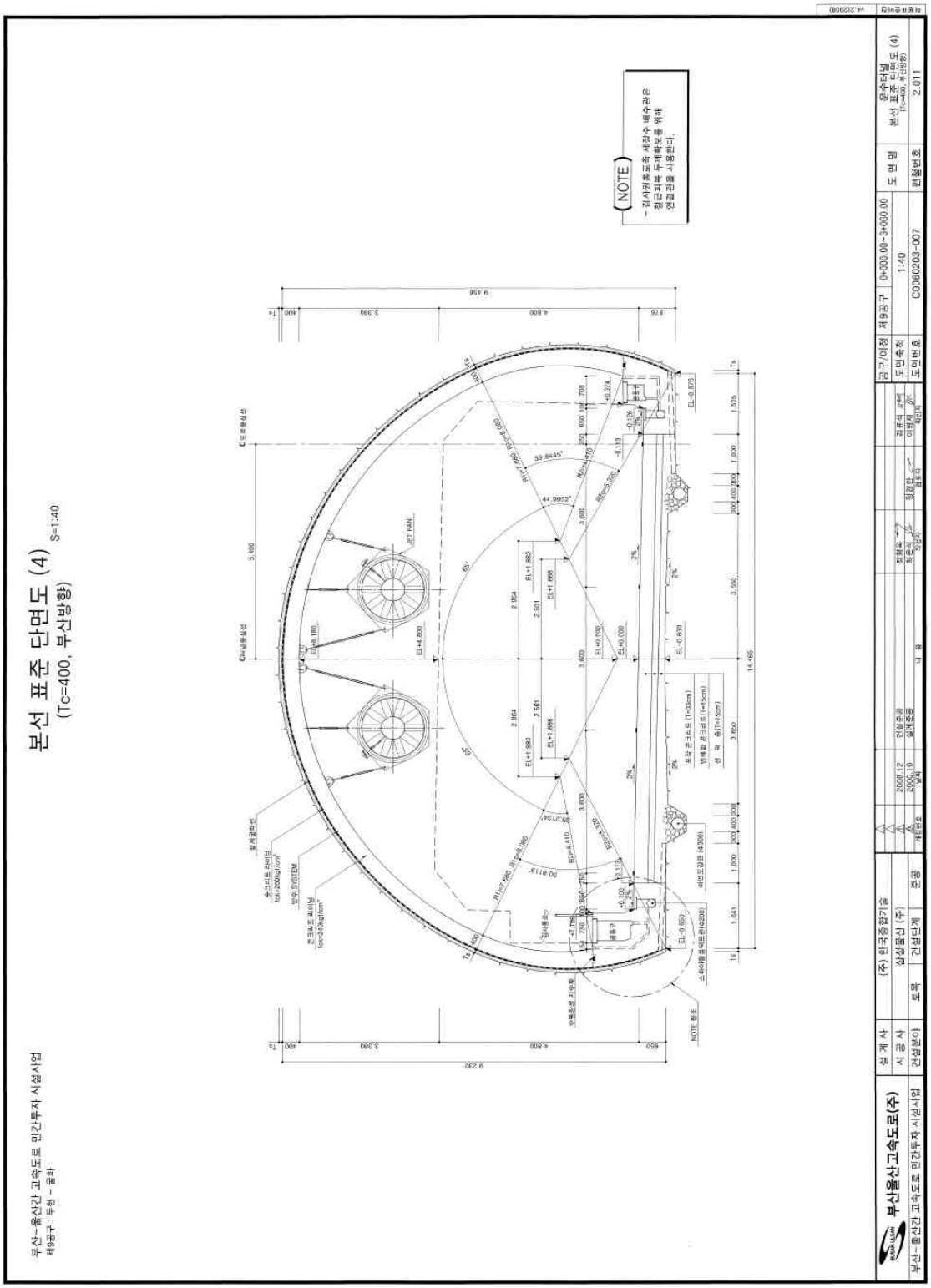
h. 갱문 및 사면 전경(종점)

<사진 1.1.1> 부재별 전경

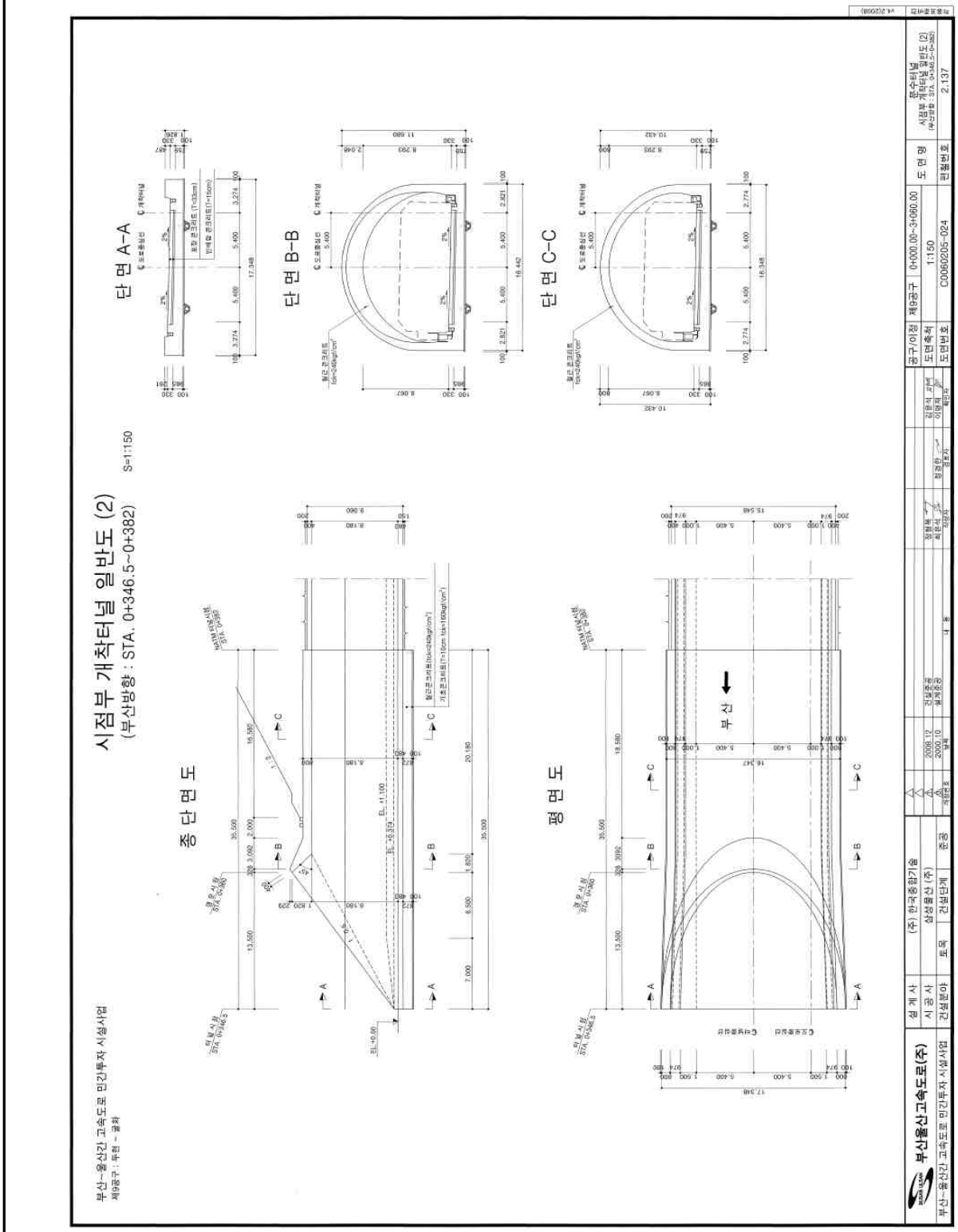
1.1.5 일반도



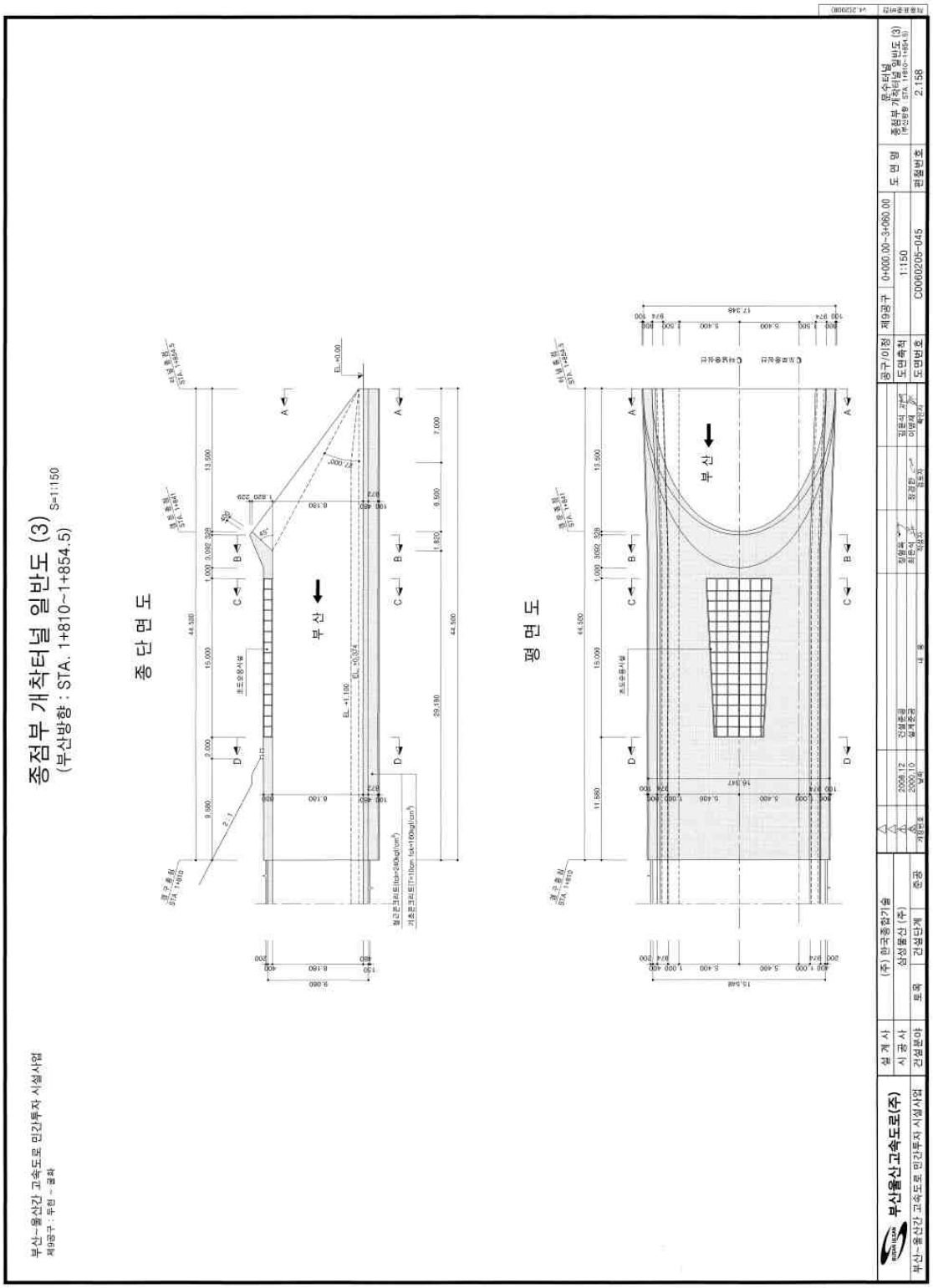
<그림 1.1.2> 종・평면도


본선 표준 단면도 (4)
(Tc=400, 부산방향)
S=1:40
부산-울산간 고속도로 민간투자 시설사업
해운대구 : 두실 - 갈화
(NOTE)
- 검사원로측 세장수 매수관은 원근피복 두께확보를 위해 연결금물 사용한다.
(주) 한국동서기술
삼성물산 (주)
부산울산고속도로(주)
2000.12
2000.10
2000.10
공구/이정
제0공구
0+000.00~3+060.00
1:40
C0060203-007
도면축척
도면번호
도 면 명
본선표준 단면도 (4)
(Tc=400, 부산방향)
2.011
부산-울산간 고속도로 민간투자 시설사업

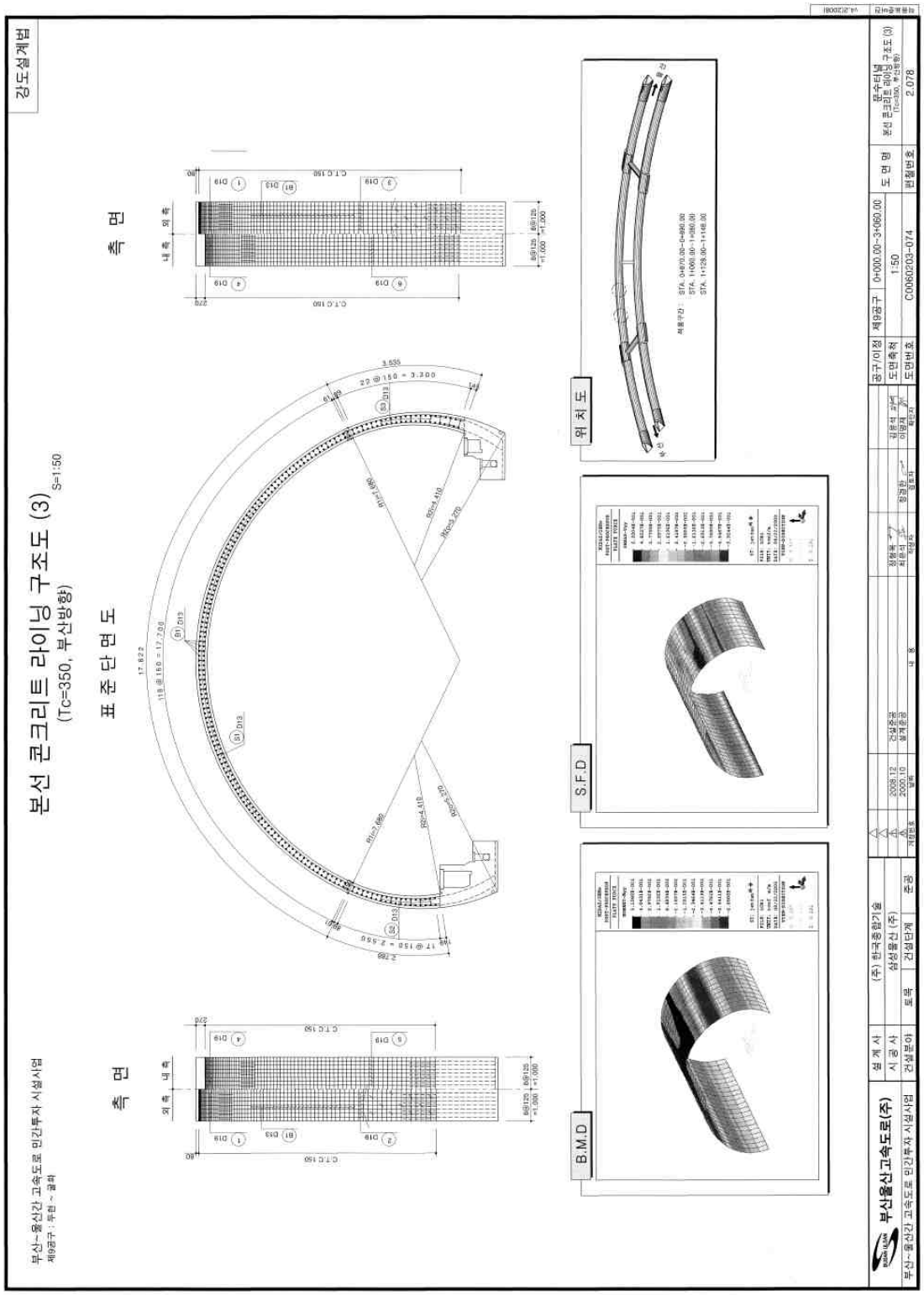
<그림 1.1.3> 횡단면도



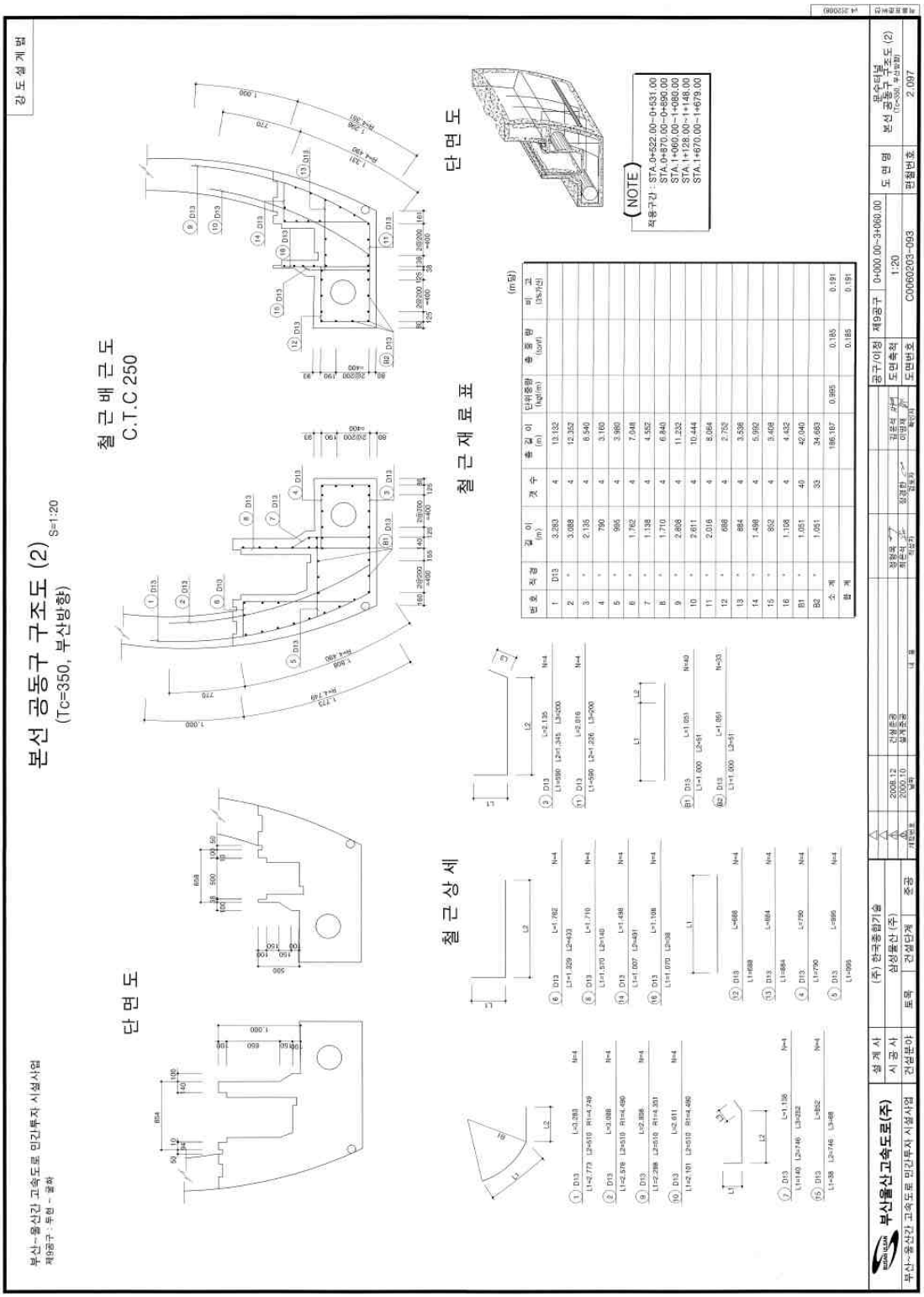
<그림 1.1.4> 시점측 갱문 일반도



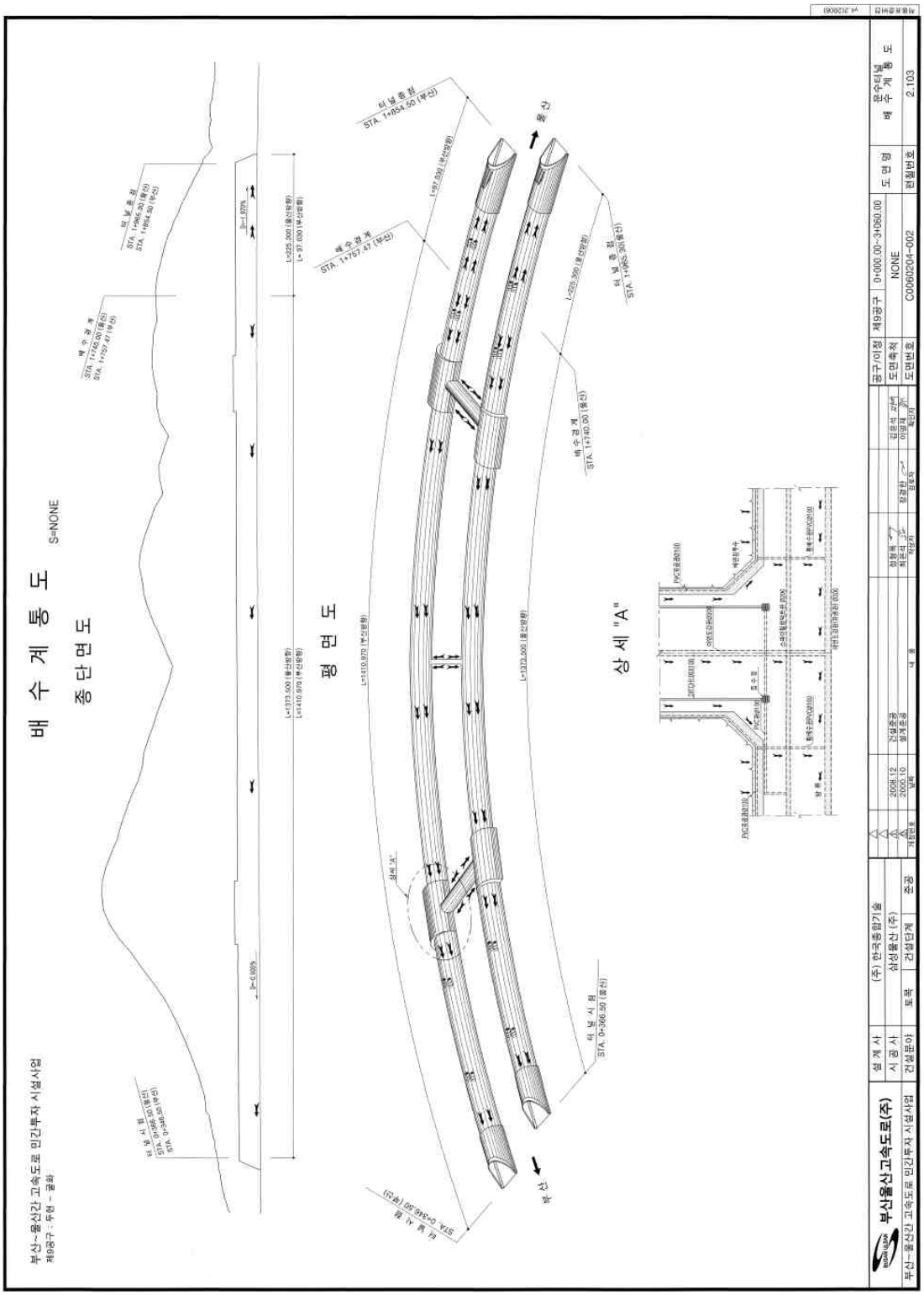
<그림 1.1.5> 종점측 갱문 일반도



<그림 1.1.6> 콘크리트 라이닝 구조도



<그림 1.1.7> 본선 공동구 구조도


배 수 계 통 도
S=NONE
종단면도
평 면 도
상 세 "A"
부산~울산간 고속도로 민간투자 시설사업
제9공구 : 두현 - 골화
부산울산고속도로(주)
(주) 한국종합기술
설계사
시공사
건설분야
도목
건설단계
준공
2008.12
2009.10
건설중
설계중
공구이정 제9공구
D+000.00~3+060.00
도면축척 NONE
도면번호 C0060204-002
도 면 명 문수터널 배수계통도
현황번호 2.103
부산울산간 고속도로 민간투자 시설사업

<그림 1.1.8> 배수계통도

1.1.6 자료수집 및 분석

본 과업에 대한 자료조사는 현장을 답사하여, 각각의 특성을 파악하고 점검 등의 추진방향과 세부수행계획을 수립하였다. 또한, 본 과업 대상구조물의 점검 시 관련 자료를 수집하여 정밀안전점검 및 유지관리 시 필요한 자료를 정리 및 분석하였고, 적절한 보수·보강 공법의 제시 및 유지관리방안을 수립하기 위한 기초자료로 활용하였다.

가. 자료수집 현황

과업기간 중 수집된 자료는 다음 목록과 같다.

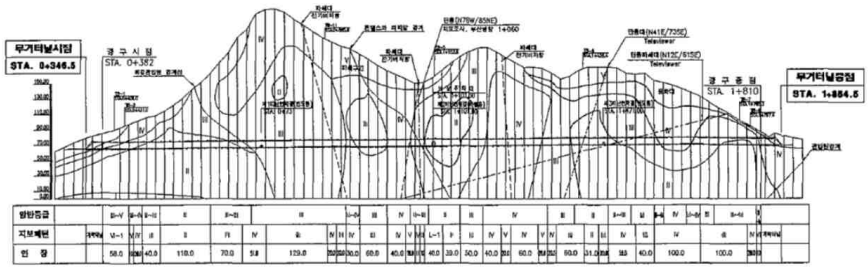
<표 1.1.2> 자료수집 목록

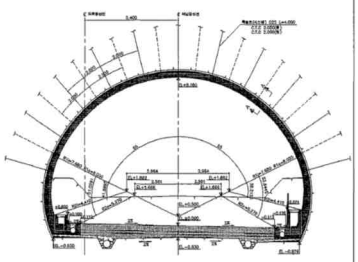
보존대상 목록		보유현황	관리주체 보유현황
설계도서	◦ 공통 - 준공내역서 - 공사시방서 - 각종계산서 - 토질 및 지반조사 보고서 - 기타 특이사항 보고서	◎	◦ 부산-울산간 고속도로 민간투자 시설사업 제9공구 공사시방서, 구조계산서, 준공내역서, 토질조사보고서, 설계도(준공) (2008, 부산울산고속도로(주))
	◦ 설계도면 - 위치도, 평면도, 표준단면도, 일반도, 구조도 등	◎	
시설물 관리대장	◦ 기본현황 및 상세제원 ◦ 점검 및 진단 이력 ◦ 보수·보강 및 유지관리 이력	◎	◦ 시설물정보관리 종합시스템(FMS)
시공관련 자료	◦ 시공관련 자료 ◦ 품질관리 관련자료 - 재료증명서 - 품질시험기록 - 관리 및 선정시험 기록 등 각종 시험 기록 - 시설물의 주요 구조 부위에 대한 계측자료 ◦ 사고기록	◎	◦ 부산-울산간 고속도로 민간투자 시설사업 제9공구 품질관리계획서(준공) (2008, 부산울산고속도로(주))
안전점검 및 정밀안전진단 자료		◎	◦ 시설물정보관리 종합시스템(FMS) (2009년 ~ 2022년 정기안전점검, 정밀안전점검, 정밀안전진단) ◦ 2021년 부산울산고속도로 정밀안전점검용역[터널] (2021.08 ㈜아워브레인)
보수·보강 관련자료		◎	◦ 시설물정보관리 종합시스템(FMS) 보수·보강 이력사항

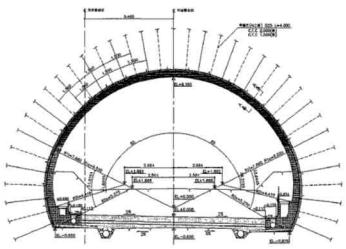
나. 구조계산서 검토

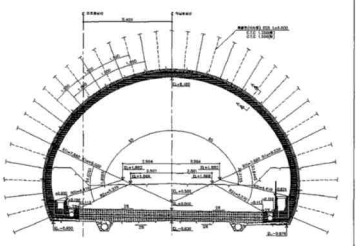
문수터널(부산)는 「부산-울산간 고속도로 민간투자 시설사업」의 일환으로 2008년 준공된 터널이며, 준공도서 및 FMS를 통한 제반자료 수집·검토한 결과는 다음과 같다.

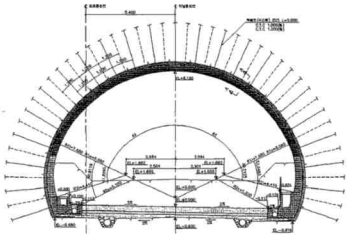
<표 1.1.3> 구조계산서(2008.12) 요약

구 분	검토 결과	비고
단면 선정	◉ 본선구간 지보타입(Ⅱ~Ⅴ)별 대표단면을 선정하여 지반 및 지보재의 안정성을 검토하고 지보타입 Ⅵ~Ⅵ-1은 특수구간으로 분류하여 해석을 수행함 **가. 지보패턴 개요도**  	구 분	지보타입 Ⅱ	지보타입 Ⅲ	지보타입 Ⅳ	지보타입 Ⅴ
---	---	---	---	---
부산방향 기준	180m	609m	471m	70m		

형 식		TYPE-Ⅱ	단 면
1회 굴진장/ 1회 지보설치장		상부 2/2 하부 4/4	
굴착방법		반 단 면	
숏크리트		8 cm	
록볼트	길 이	4 m	
	간 격	종방향 2.0 m 횡방향 2.0 m	
	위 치	상 부	
강지보공		-	
라이닝	두 께	35 cm	
	철 근	무 근	
RMR 값		80~61	
보조공법		-	

형 식		TYPE-Ⅲ	단 면
1회 굴진장/ 1회 지보설치장		상부 2/2 하부 3/3	
굴착방법		반 단 면	
숏크리트		12 cm	
록볼트	길 이	4 m	
	간 격	종방향 2.0 m 횡방향 1.5 m	
	위 치	상하부	
강지보공		-	
라이닝	두 께	35 cm	
	철 근	무 근	
RMR 값		60~41	
보조공법		-	

형 식		TYPE-Ⅳ	단 면
1회 굴진장/ 1회 지보설치장		상부 1.2/1.2 하부 2.4/2.4	
굴착방법		반 단 면	
숏크리트		16 cm	
록볼트	길 이	5 m	
	간 격	종방향 1.2 m 횡방향 1.5 m	
	위 치	상하부	
강지보공		간격 1.2 LG-70×20×30	
라이닝	두 께	35 cm	
	철 근	무 근	
RMR 값		40~21	
보조공법		필요시 Fore-Poling	

형 식		TYPE-Ⅴ	단 면
1회 굴진장/ 1회 지보설치장		상부 1.0/1.0 하부 1.0/1.0	
굴착방법		반 단 면	
숏크리트		16 cm	
록볼트	길 이	5 m	
	간 격	종방향 1.0 m 횡방향 1.2 m	
	위 치	상하부	
강지보공		간격 1.0 LG-95×22×32	
라이닝	두 께	40 cm	
	철 근	철 근	
RMR 값		20 이하	
보조공법		Fore-Poling	

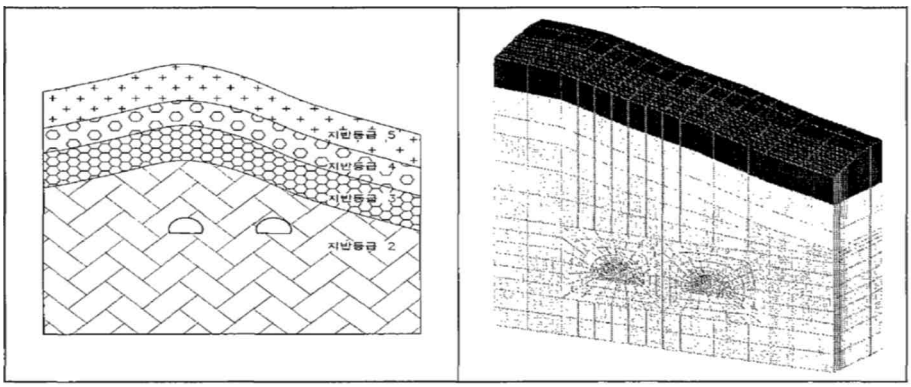
<표 1.1.3> 구조계산서(2008.12) 요약

구 분	검토 결과	비고
지보타입 Ⅱ 해석결과		

해석위치의 특징

- TYPE-Ⅱ 적용구간중 상대적으로 지반조건이 취약함
- 터널통과부분은 지반등급 2, 상부는 3, 4, 5등급 지반으로 구성
- 지반선까지 해석영역에 포함
- 해석위치의 암종은 퇴적암임

해석단면(STA.1+450, 부산방향기준)



해석결과

검 토 항 목	3차원 해 석	2차원 연속체 해석			퇴적암 고려한 해 석	2차원 불연속 체해석	키블럭 안정성 해 석	검토 결과
	M/C (최대값)	M/C (최대값)	H/B (최대값)	D/P (최대값)	이방성 (최대값)	B/B (최대값)		
좌측천단 변위(mm)	1.79	2.51	2.47	2.66	2.41	6.67	쐐기 파괴 가능성 없음	안정
우측천단 변위(mm)	1.91	2.28	2.27	2.41	1.89	5.40		안정
좌측내공 변위(mm)	3.50	4.30	4.21	5.49	2.98	8.40		안정
우측내공 변위(mm)	3.43	5.18	5.09	6.34	3.63	7.27		안정
휨압축응력 (kg/cm²)	35.9	39.7	32.8	68.2	35.6	12.4		안정
록볼트축력 (ton)	1.99	1.25	1.24	2.87	1.12	6.14		안정

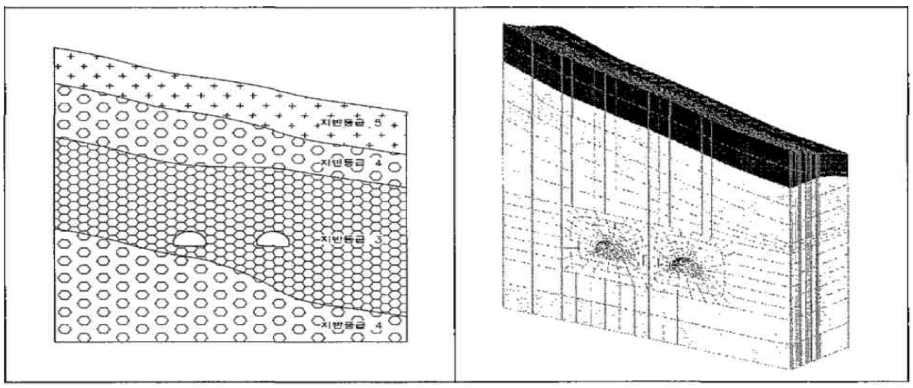
<표 1.1.3> 구조계산서(2008.12) 요약

<table>
<tr><th>구 분</th><th>검토 결과</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>지보타입 Ⅲ
해석결과</td><td>

해석위치의 특징

- TYPE-Ⅲ 적용구간중 상대적으로 지반조건이 취약하며, 지형적으로 계곡부에 위치함
- 터널통과부분은 지반등급 3, 상부는 4, 5등급, 하부는 4등급 지반으로 구성되었으며, 호온펠스 지역에 위치하고 있음
- 지반선까지 해석영역에 포함

해석단면(STA.0+980, 부산방향기준)



해석결과

<table>
<tr><th rowspan="2">검 토
항 목</th><th>3차원
해 석</th><th colspan="3">2차원 연속체해석</th><th>퇴적암
고려한
해 석</th><th>2차원
불연속
체해석</th><th rowspan="2">키블럭
안정성
해 석</th><th rowspan="2">검토
결과</th></tr>
<tr><th>M/C
(최대값)</th><th>M/C
(최대값)</th><th>H/B
(최대값)</th><th>D/P
(최대값)</th><th>이방성
(최대값)</th><th>B/B
(최대값)</th></tr>
<tr><td>좌측천단
변위(mm)</td><td>2.79</td><td>3.04</td><td>3.03</td><td>3.15</td><td>5.96</td><td>8.31</td><td rowspan="6">쐐 기
파 괴
가능성
없 음</td><td>안정</td></tr>
<tr><td>우측천단
변위(mm)</td><td>2.64</td><td>2.76</td><td>2.75</td><td>2.86</td><td>5.14</td><td>2.16</td><td>안정</td></tr>
<tr><td>좌측내공
변위(mm)</td><td>4.08</td><td>6.50</td><td>6.44</td><td>7.56</td><td>7.74</td><td>12.50</td><td>안정</td></tr>
<tr><td>우측내공
변위(mm)</td><td>3.91</td><td>6.71</td><td>6.65</td><td>7.57</td><td>9.05</td><td>8.89</td><td>안정</td></tr>
<tr><td>휨압축응력
(kg/cm²)</td><td>57.0</td><td>66.0</td><td>47.6</td><td>80.7</td><td>77.6</td><td>52.8</td><td>안정</td></tr>
<tr><td>록볼트축력
(ton)</td><td>2.22</td><td>1.27</td><td>1.26</td><td>3.99</td><td>1.99</td><td>8.20</td><td>안정</td></tr>
</table>

</td><td></td></tr>
</table>

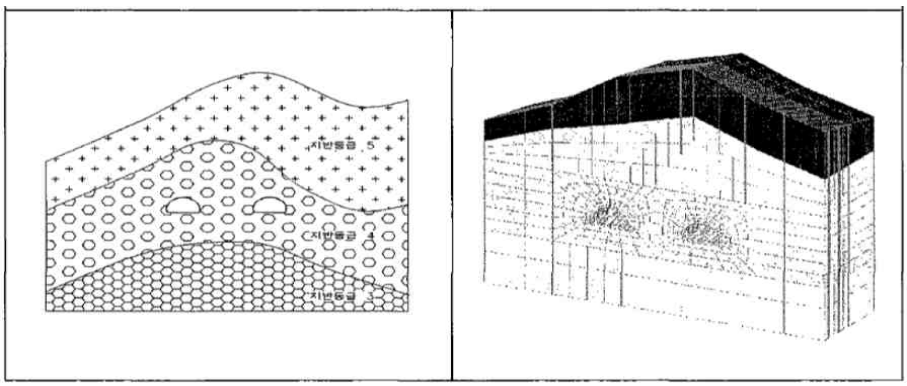
<표 1.1.3> 구조계산서(2008.12) 요약

구 분	검토 결과	비고
지보타입 Ⅳ 해석결과		

해석위치의 특징

- TYPE-Ⅳ 적용구간중 풍화대에 위치하여 지반조건이 열악함
- 터널통과부분은 지반등급 4, 상부는 5등급, 하부는 3등급 지반으로 구성되었으며, 퇴적암 지역에 위치하고 있음
- 지반선까지 해석영역에 포함

해석단면(STA.1+630, 부산방향기준)



해석결과

검 토 항 목	3차원 해 석	2차원 연속체해석			퇴적암 고려한 해 석	2차원 불연속 체해석	키블럭 안정성 해 석	검토 결과
	M/C (최대값)	M/C (최대값)	D/P (최대값)	S/S (최대값)	이방성 (최대값)	B/B (최대값)		
좌측천단 변위(mm)	6.63	4.19	4.30	3.72	5.29	6.97	쐐기 파괴 가능성 없음	안정
우측천단 변위(mm)	7.01	5.24	5.45	4.55	9.23	5.04		안정
좌측내공 변위(mm)	10.03	6.44	7.38	4.27	11.37	8.73		안정
우측내공 변위(mm)	9.33	4.88	6.68	3.00	8.68	4.90		안정
휨압축응력 (kg/cm²)	63.0	73.1	76.1	56.0	82.8	6.33		안정
록볼트축력 (ton)	5.3	2.78	5.51	2.18	4.58	6.08		안정

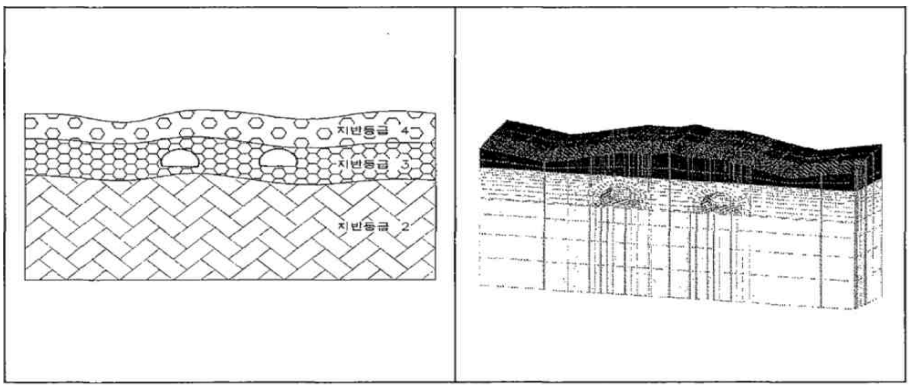
<표 1.1.3> 구조계산서(2008.12) 요약

<table>
<tr><th>구 분</th><th>검토 결과</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>지보타입 V
해석결과</td><td>

해석위치의 특징

- 최대토피 약 35m정도로 TYPE-V 구간중 최소토피 지역임
- 터널통과부분은 지반등급 3, 상부는 4등급, 하부는 2등급 지반으로 구성되었으나, 갱구부근에 위치하고 저토피 구간임을 감안하여 지보 TYPE-V가 적용된 지역이며, 화강암 지역에 위치
- 지반선까지 해석영역에 포함

해석단면(STA.0+440, 부산방향기준)



해석결과

<table>
<tr><th rowspan="2">검 토
항 목</th><th>3차원 해석</th><th colspan="3">2차원 연속체 해석</th><th rowspan="2">검 토
결 과</th></tr>
<tr><th>M/C
(최대값)</th><th>M/C
(최대값)</th><th>D/P
(최대값)</th><th>U/J
(최대값)</th></tr>
<tr><td>좌측천단
변위(mm)</td><td>0.97</td><td>3.22</td><td>3.19</td><td>3.25</td><td>안 정</td></tr>
<tr><td>우측천단
변위(mm)</td><td>0.97</td><td>2.59</td><td>2.45</td><td>2.72</td><td>안 정</td></tr>
<tr><td>좌측내공
변위(mm)</td><td>1.03</td><td>5.08</td><td>5.39</td><td>4.37</td><td>안 정</td></tr>
<tr><td>우측내공
변위(mm)</td><td>1.03</td><td>3.23</td><td>3.30</td><td>2.52</td><td>안 정</td></tr>
<tr><td>휨압축응력
(kg/cm²)</td><td>23.9</td><td>34.0</td><td>37.9</td><td>51.8</td><td>안 정</td></tr>
<tr><td>록볼트축력
(ton)</td><td>0.84</td><td>3.00</td><td>3.05</td><td>5.90</td><td>안 정</td></tr>
</table>

</td><td></td></tr>
</table>

다. 토질조사 검토

본 터널의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 지반조사보고서(부산～울산간 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사보고서(제9공구 두현～굴화), 2008.12)를 검토한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 시추조사(2008.12) 현황

<표 1.1.4> 시추조사(2008.12) 현황

구분	내용	공번	위치(STA.)	좌표		표고 (m)	심도 (m)
				X	Y		
문수터널	수직시추	TB-1	0+393(부, 우 7.8)	225,875.278	222,085.820	89.421	34.1
		TB-2	0+400(울, 우 19.0)	225,891.127	222,123.051	87.889	31.0
		TB-3	0+418(부, 우 7.8)	225,896.943	222,077.243	92.888	39.0
		TB-4	0+425(울, 우 19.0)	225,905.787	222,117.065	91.848	35.0
		TB-5	1+060(울, 좌 15.0)	226,565.892	222,023.629	154.199	98.0
		TB-6	1+394(부, 좌 20.0)	226,893.080	221,998.765	173.526	113.8
		TB-7	1+764(부, 좌 19.5)	227,225.777	222,066.984	93.940	33.0
		TB-8	1+759(울, 좌 7.1)	227,227.935	222,109.256	101.554	42.0
		TB-9	1+789(부, 좌 19.5)	227,247.906	222,071.079	86.373	24.0
		TB-10	1+789(울, 좌 7.1)	227,251.534	222,117.425	87.630	27.5
		TB-11	0+860	226,329.134	222,031.412	204.998	152.0
	수평시추	HB-1	0+397(부, 좌 4.22)	222,104.940	225,848.640	84.959	40.0
		HB-2	0+383(울, 우 7.20)	222,128.480	225,875.670	94.259	40.0
		HB-3	1+824(부, 좌 6.52)	227,280.080	222,093.590	80.829	40.0
		HB-4	1+397(울, 좌 4.73)	227,251.520	222,118.090	79.269	40.0

※ 시추위치 표기상에서 ()안의 내용은 부-부산방향, 울-울산방향 노선을 의미하고, 측량 측선을 기준으로 좌-이격거리, 우-이격거리를 의미함. 수평시추의 심도는 수평경사 시추 굴진 길이를 의미함.

2) 시추조사(2008.12) 결과

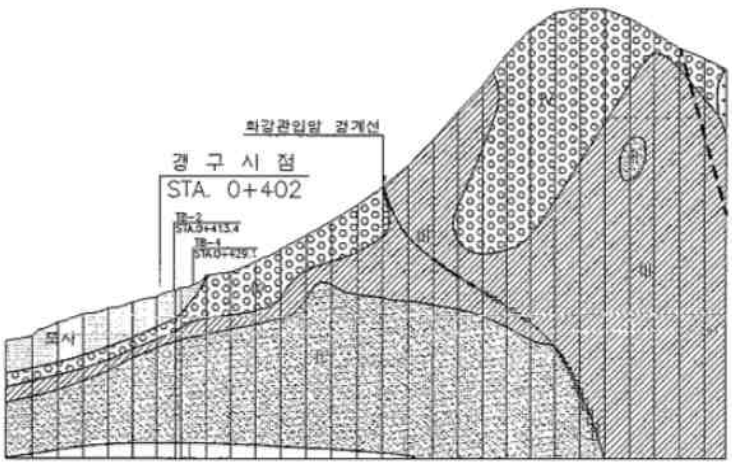
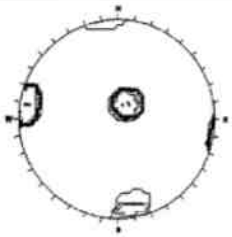
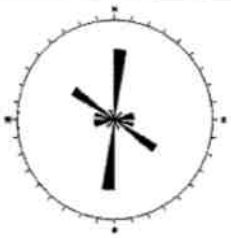
<표 1.1.5> 시추조사(2008.12) 결과

구분	공번	지층(층후, m)																		굴진 심도 (m)	지하 수위 (m)
		충적층	붕적층	풍화토	풍화암	연암	보통암	경암	연암	풍화암	연암	보통암	경암	연암	경암	보통암	경암	보통암	경암		
수직시추	TB-1	1.5		10.5	8.1		6.4	7.6												34.1	12.05
	TB-2	4.5		10.5	8.0		2.1	5.9												31.0	10.38
	TB-3	1.5		6.1	12.2	4.8	6.5	9.4												39.0	1233
	TB-4	4.5		4.5				1.7		4.2		7.1	8.0							35.0	11.08
	TB-5		3.0		3.0		3.0	21.5	4.0						8.5	7.0	29.4	2.6	16.0	98.0	9.04
	TB-6	4.1			1.7	2.0	2.0		2.9	3.2	3.1	6.6	61.1	3.4	2.9	6.2	14.6			113.8	42.97
	TB-7		1.5		2.2		15.8	13.5												33.0	18.06
	TB-8		3.0			3.0		36.0												42.0	25.49
	TB-9		1.5		4.0		11.0	7.5												24.0	10.58
	TB-10				1.5		3.0	23.0												27.5	11.84
	TB-11		1.2		6.8	6.0	3.0	135												152.0	15.38
수평시추	HB-1			38.0		2.0														40.0	
	HB-2			37.0		3.0														40.0	
	HB-3			2.0		5.0		33.0												40.0	
	HB-4		3.0			21.0		16.0												40.0	

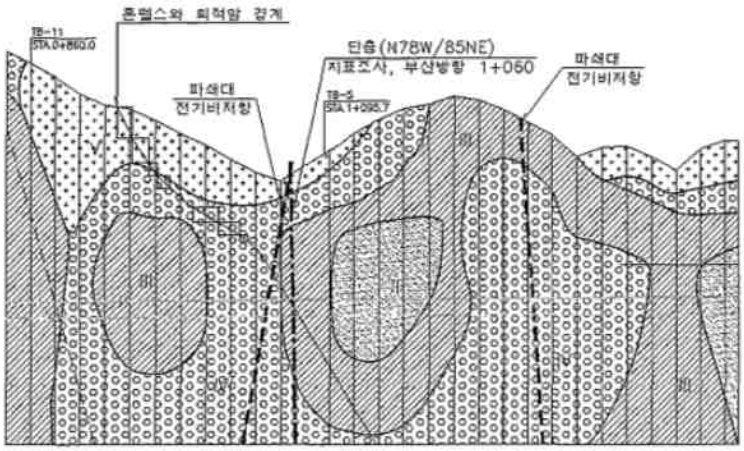
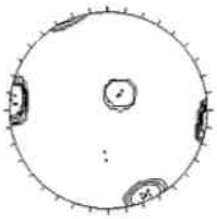
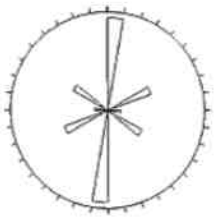
3) 터널구간별 지반특성(2008.12)

터널구간의 지반특성은 크게 3구간으로 분류시 시점부, 중앙부 및 종점부로 구분

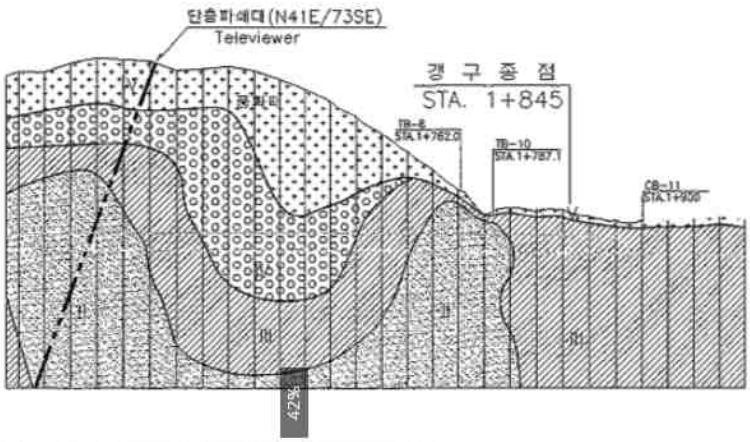
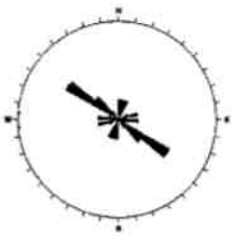
<표 1.1.6> 지반특성(2008.12) 조사결과(1)

구　분	시 점 부 (시점 갱구부) 시추공 : TB-1~4, HB-1~2(6공)
암종 분포	• 중생대 백악기의 흑운모 화강암으로 중립-조립의 암상을 보임 • 화강암이 풍화를 많이 받아 핵석 형태로 존재하기도 함 • 화강암 관입으로 퇴적암이 호온펠스화되었고, 울산단층의 영향으로 균열 및 파쇄됨
지　형	• 터널 시점부를 지나 약 200m 지점부터 화강암과 퇴적암의 경계로 급경사를 이룸 • 소규모의 능선과 계곡의 발달로 다소 복잡한 지형
지층 분석	
탄성파 탐사	• 경암 경계인 속도 2,900 m/sec의 층 경계가 지표로부터 약 50m 심도까지 분포 • 0+290~0+520 구간은 저속도층이 터널구간까지 발달, 파쇄대가 터널구간을 관통 • 0+400~0+500 구간 천부 700 m/sec 이하의 저속도층이 약 10m 두께로 존재
전기비저항 탐사 (터널심도)	• 전극 간격 20m : 조사 정밀도 향상 • 0+300~0+390 구간은 500Ωm 이하의 매우 낮은 비저항치를 보임 • 0+390 이후는 1000Ωm 이상의 비저항치를 보임 • 저비저항과 고비저항대의 경계면에 암상 변화 등에 의한 구조대가 발달할 것으로 추정
불연속면 분포현황	  • J1: N10E/83SE, J2: N84E/80NW, B: N50W/14SW, R: N16E/75NW

<표 1.1.6> 지반특성(2008.12) 조사결과(2)

구　　분	중 앙 부 (본선 구간) 시추공 : TB-5, TB-6, TB-11(3공)
암종 분포	• 화강암류에 의한 접촉변성작용의 결과로 호온펠스화, 풍화에 강하고 큰 전석으로 블록화된 노두가 많음 • 퇴적암인 사암, 이암 및 세일의 호층상태로 분포
지　　형	• 전체적으로 계곡의 연장성이 좋고 완만한 경사를 이룸 • 능선과 계곡부에 노두의 빈번한 출현
지층 분석	
탄성파 탐사	• 0+970 이후는 저속도층이 20m 내외의 두께로 분포하고, 심부에 고속도층이 분포함 • 0+840~1+120 구간 천부에 표토층과 파쇄구간이 발달함
전기비저항 탐사 (터널기준)	• 전극 간격 40m : 터널심도의 신뢰성 있는 비저항치 산정 • 대부분 1000Ωm 이상의 높은 비저항치를 보임 • 여러 개의 구조적 연약대로 판단되는 지역은 낮은 비저항치를 보임 • 터널과 교차되는 구조대 예상구간: 0+845, 0+930, 1+060, 1+230, 1+340
불연속면 분포현황	  • J1: N15E/85SE, J2: N75E/85NW, B: N50W/16SW, R: N80W/45NE • Fault: N78W/85NE(지표지질조사)

<표 1.1.6> 지반특성(2008.12) 조사결과(3)

구　　분	종 점 부 (종점 갱구부) 시추공 : TB-7~10, HB-3~4(6공)
암종 분포	• 퇴적암인 사암, 이암 및 세일의 호층상태로 분포
지 형	• 터널 종점부로 갈수록 경사가 급해지며 작은 계곡과 능선이 반복됨 • 터널 출구부를 지나 굴안못이 위치함
지층 분석	
탄성파 탐사	• 1+740 이후는 저속도층이 10m 이내의 두께로 천부에만 분포함 • 1+610에 분포한 파쇄대가 1+670에서 터널 영향권까지 발달 • 1+800 이후는 천부의 저속도층이 터널구간에 위치함
전기비저항 탐사 (터널기준)	• 전극 간격 20m : 조사 정밀도 향상 • 종점 갱구부 주변은 1000Ωm 이상의 비저항치를 보임 • 1+810 이후는 파쇄대가 폭넓게 분포할 것으로 추정
불연속면 분포현황	 • J1: N83E/85SE, J2: N6E/66NW, B: N42W/15SW • Fault: N41E/73SE(Televiewer)

4) 터널구간의 단층 및 파쇄대(2008.12) 분석결과

· 탐사 및 지표조사에 의해 확인된 터널구간의 단층 및 파쇄대는 총 6개가 존재

· 단층 및 파쇄대는 모두 수직에 가까운 75° 이상의 경사각을 가지므로, 영향폭은 1~5m로 추정

· 터널 중앙부는 굴착시 지하수의 유입이 예상되므로 그라우팅 작업이 요구됨

· 터널 종점부는 구조대가 서로 교차할 것으로 예상되므로 파쇄가 심할 것으로 판단됨.

<표 1.1.7> 터널구간의 단층 및 파쇄대(2008.12) 현황

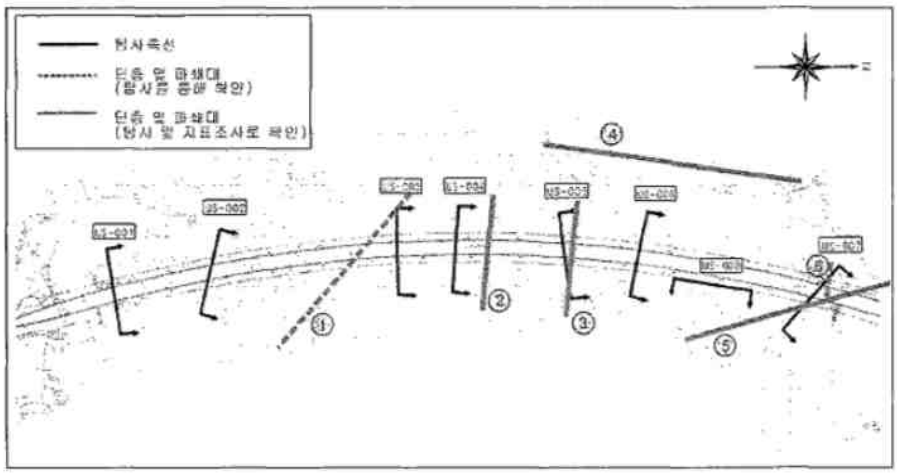
선구조 분석 (Linearment Analysis)

⇩

지표지질조사	시추코어 분석	BHTV / BIPS 탐사	전기비저항/탄성파탐사
• 단층위치 및 규모 육안 확인 • 층리구조 및 암종의 변화양상 파악	• 단층의 폭, 규모 파악 • 단층 암반 육안 관찰 • 암석박편시험 및 X-ray 회절분석	• 심부의 단층 파쇄상태 육안 관찰 • 단층파쇄대의 실제 방향과 원지반 파쇄 확인	• 단층대 및 연약대의 분포여부 확인 • 정성적인 단층대의 폭 및 방향성 파악

■ 터널구간에 분포하는 단층 및 파쇄대 현황

지 역	단층	연장성 (m)	풍화정도	충진물	변위(m)	영향폭(m)	확인방법
터널시점/중앙부	1	100-200	-	-	-	-	탐사
	2	200-300	보통	단층각력	약 1	2-5	탐사/지표조사
	3	100-200	보통-심함	-	약 0.2	1-3	탐사/지표조사
터널 종점부	4	100-200	보통	단층각력, 점토	약 1	1-3	탐사/지표조사
	5	약 100	보통-심함	-	약 0.2	1-2	탐사/지표조사
	6	약 100	-	-	-	-	탐사



5) 암반에 따른 암석 실내시험(2008.12) 결과

<표 1.1.8> 암반에 따른 암석 실내시험(2008.12) 결과

암반	비중	흡수율 (%)	탄성파속도 (m/sec)		일축 압축강도 (kgf/㎠)	인장강도 (kgf/㎠)	삼축압축시험		탄성계수 (kgf/㎠)	포아송비
			P파	S파			점착력 (kgf/㎠)	내부 마찰각 (°)		
풍화암	2.45	2.60	1,080	670	140	10	20	51.1	0.08×105	0.31
보통	2.65	0.77	4,874	2,648	1,668	128	260	53.3	3.72×105	0.20
경암	2.70	0.33	5,476	2,956	1,929	189	296	52.7	4.40×105	0.20

6) 암종에 따른 암석 실내시험(2008.12) 결과

<표 1.1.9> 암종에 따른 암석 실내시험 결과

암종	비중	흡수율 (%)	탄성파속도 (m/sec)		일축 압축강도 (kgf/㎠)	인장강도 (kgf/㎠)	삼축압축시험		탄성계수 (kgf/㎠)	포아송비
			P파	S파			점착력 (kgf/㎠)	내부 마찰각 (°)		
화강암	2.60	0.99	4,098	2,300	1,674	94	220	56,16	3.51×105	0.23
세립사암	2.71	0.42	5,440	2,900	1,735	185	291	50,98	4.15×105	0.20
혼펠스화된 셰일	2.67	0.30	5,450	3,040	2,280	215	295	55,95	4.43×105	0.21

라. 기 점검 및 진단자료

문수터널(부산)는 2008년 준공 이후 정기안전점검, 정밀안전점검, 정밀안전진단을 주기적으로 실시하고 있는 것으로 조사되었으며, 최근 실시된 정밀안전점검(2021.08)결과 종합평가 등급은 “B”등급으로 평가되었다.

문수터널(부산)의 2021년 정밀안전점검 결과는 아래와 같다.

1) 종합평가결과 안전등급은 “보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태”인 B등급(양호)으로 지정되었으며, 기존 정밀안전진단(2019년)과 비교 시 안전등급은 동일한 상태이나, 콘크리트 라이닝 손상에 대해 보수를 실시하여 손상물량의 감소에 따라 상태평가 결함도 점수는 소폭 감소된 것으로 평가되었다.

2) 본 터널은 구조안전성에 영향을 미치는 보강이 필요한 부위 및 중대한 결함에 포함되는 손상은 없는 것으로 분석되었으며, 특별한 문제점이 없는 상태이다. 일부 부재에 내구성 저하방지를 위한 보수가 필요한 상태로서 손상의 상태・효율성・경제성 등을 고려하여 금회 정밀안전점검에서 보수방안을 제안하였다.

3) 정밀안전점검 결과를 종합적으로 분석하면, 현재 구조적인 손상의 발생이나, 내구성을 크게 저하시킬만한 특이사항은 없는 것으로 판단되며, 현재 발생된 손상에 대하여 시설물의 내구성 및 사용성 측면에서 보수 및 유지관리가 요구된다.

따라서, 금회 과업에서는 2021년 실시된 정밀안전점검 자료를 기초로 하여 터널의 라이닝(균열, 누수, 파손 및 손상, 재질열화 등) 및 터널 주변상태(배수시설, 갱문, 공동구, 지반 등) 등 주요변상, 하중상태의 변화, 공중이 이용하는 부위 등에 대하여 정밀한 외관조사를 실시하고, 이전 안전점검(2021.08)시 지적된 사항에 대한 보수·보강 여부 확인, 손상의 진전 및 심화, 신규·추가 발생 등의 결함원인을 분석해서 발생한 손상은 보수 및 유지관리를 취할 수 있는 방향으로 정밀안전점검을 실시하였다.

<표 1.1.10> 기존 점검 · 진단 이력

번호	점검·진단기간	점검·진단 기관명	비용 (천원)	주요 점검·진단 결과
	점검·진단구분	점검·진단 책임기술자	상태 등급	주요 보수보강(안)
1	2022-09-21 ~ 2022-10-20	자체수행	0	전반적으로 상태가 양호함, 세부결과 보고서 참고
	정기안전점검	강춘길	양호	주의관찰 등, 세부결과 보고서 참고
2	2022-06-20 ~ 2022-06-24	자체수행	0	전반적으로 상태가 양호함, 세부내용 결과보고서 참조
	정기안전점검	강춘길	양호	주의관찰 등, 세부내용 결과보고서 참조
3	2021-06-14 ~ 2021-06-14	자체수행	0	· 배수상태 : 집수정 그레이팅 커버 이물질 퇴적 · 공동구상태 : 커버 균열 및 파손
	정기안전점검	강춘길	양호	· 지속 주의관찰 및 청소
4	2021-03-03 ~ 2021-08-23	(주)아워브레인	22,104.2	- 천단부 : 균열, 망상균열, 철근노출, 파손 등 - 측벽부 : 타일탈락 및 파손 - 갱문 : 배수로 균열 - 공동구 : 균열, 망상균열, 박락, 파손, 철근노출, 들뜸, 긁힘, 덮개손상 등 - 배수시설 : 측구 균열, 파손, 집수구 토사퇴적, 그레이팅부식 등 - 포장면 : 균열, 파손, 재료분리 등 - 부속시설 : 조명유리파손, 볼트미체결, 점검로 지주탈락 등
	정밀안전점검	이현용	B등급	- 표면처리공법, 주입보수공법, 단면보수(방청), 재시공, 청소, 주의관찰 등
5	2020-10-19 ~ 2020-10-19	자체수행	0	양호
	정기안전점검	손정줄	양호	없음
6	2020-06-30 ~ 2020-06-30	자체수행	0	양호함
	정기안전점검	조재성	양호	없음

<표 1.1.10> 기존 점검 · 진단 이력(계속)

번호	점검·진단기간	점검·진단 기관명	비용 (천원)	주요 점검·진단 결과
	점검·진단구분	점검·진단 책임기술자	상태 등급	주요 보수보강(안)
7	2019-05-29 ~ 2019-05-29	자체수행	0	공동구 균열 및 파손 집수정 이물질 퇴적
	정기안전점검	이건수	양호	균열 및 파손 - 공동구 교체 이물질 퇴적 - 청소
8	2018-12-17 ~ 2018-12-17	자체수행	0	양호함
	정기안전점검	이건수	양호	없음
9	2018-08-16 ~ 2019-08-23	(주)동성엔지니어링	54,875	라이닝 균열(cw=0.3㎜미만), 균열(cw=0.3㎜이상), 보수부재균열(cw=0.3㎜미만), 보수부재균열(cw=0.3㎜이상), 철근노출 벽체 균열(cw=0.3㎜미만), 균열(cw=0.3㎜이상), 파손 타일마감부 타일마감 타일파손, 타일탈락 공동구 균열(cw=0.3㎜미만), 균열(cw=0.3㎜이상), 망상균열, 파손, 파손 및 철근노출, 긁힘, 덮개파손, 난간파손, 난간지주탈락 등 배수로 균열(cw=0.3㎜미만), 균열(cw=0.3㎜이상), 파손 배수시설 집수구 토사퇴적, 그레이팅부식 포장부 균열, 파손, 재료분리 피난연락갱 균열(cw=0.3㎜미만), 균열(cw=0.3㎜이상) 기타 조명커버파손
	1종성능평가	이영수	B등급	주요보수 : 주입보수, 단면보수, 단면보수(방청), 타일 재시공 주요보강 : 보강부 없음
10	2018-08-16 ~ 2019-08-23	(주)동성엔지니어링	46,095	라이닝 균열(cw=0.3㎜미만), 균열(cw=0.3㎜이상), 보수부재균열(cw=0.3㎜미만), 보수부재균열(cw=0.3㎜이상), 철근노출 벽체 균열(cw=0.3㎜미만), 균열(cw=0.3㎜이상), 파손 타일마감부 타일마감 타일파손, 타일탈락 공동구 균열(cw=0.3㎜미만), 균열(cw=0.3㎜이상), 망상균열, 파손, 파손 및 철근노출, 긁힘, 덮개파손, 난간파손, 난간지주탈락 등 배수로 균열(cw=0.3㎜미만), 균열(cw=0.3㎜이상), 파손 배수시설 집수구 토사퇴적, 그레이팅부식 포장부 균열, 파손, 재료분리 피난연락갱 균열(cw=0.3㎜미만), 균열(cw=0.3㎜이상) 기타 조명커버파손
	정밀안전진단	이영수	B등급	주요보수 : 주입보수, 단면보수, 단면보수(방청), 타일 재시공 주요보강 : 보강부 없음
11	2018-06-04 ~ 2018-06-04	자체수행	0	- 양호함
	정기안전점검	박형근	양호	- 없음

<표 1.1.10> 기존 점검 · 진단 이력(계속)

번호	점검·진단기간	점검·진단 기관명	비용 (천원)	주요 점검·진단 결과
	점검·진단구분	점검·진단 책임기술자	상태 등급	주요 보수보강(안)
12	2017-10-19 ~ 2017-10-19	자체수행	0	- 양호함
	정기안전점검	박형근	양호	- 없음
13	2017-05-23 ~ 2017-05-23	자체수행	0	- 양호함
	정기안전점검	박형근	양호	- 양호함
14	2016-11-16 ~ 2016-12-30	씨엘엠건설(주)	29,268	외관조사 결과 라이닝에 발생된 결함은 대부분 균열로서 라이닝 천정부 종방향 및 횡방향 균열이 대부분을 차지하며 콘크리트 타설시 급속타설, 수화열, 건조수축 등에 기인한 것으로 구조적 원인에 의한 균열은 없는 것으로 판단되므로, 손상에 대한 적정공법의 보수를 실시하고 향후 균열 재발생 여부에 대한 점검이 필요한 것으로 판단됨. 또한 외부충격, 공용년수 경과 등에 의해 발생 된 공동구 파손, 균열 및 덮개 파손, 타일 탈락, 배수구 토사퇴적 등의 손상에 대해서도 손상현황에 따른 적절한 보수조치를 병행하여 주기적인 점검을 통한 유지관리가 필요한 것으로 판단됨.
	정밀안전점검	강문구	A등급	라이닝 균열 주입보수, 표면처리 공동구 파손 및 측벽균열 단면보수 및 표면처리 등
15	2016-10-11 ~ 2016-10-11	자체수행	0	- 양호함
	정기안전점검	옥병석	양호	- 양호함
16	2016-05-18 ~ 2016-05-18	자체수행	0	- 라이닝균열등
	정밀안전점검	옥병석	A등급	- 하자통보
17	2015-12-07 ~ 2015-12-07	자체수행	0	- 양호함
	정기안전점검	최문용	양호	- 양호함

<표 1.1.10> 기존 점검 · 진단 이력(계속)

번호	점검·진단기간	점검·진단 기관명	비용 (천원)	주요 점검·진단 결과
	점검·진단구분	점검·진단 책임기술자	상태 등급	주요 보수보강(안)
18	2015-05-18 ~ 2015-05-18	자체수행	0	- 양호
	정기안전점검	최문용	양호	- 양호
19	2014-11-26 ~ 2014-11-26	자체수행	0	양호
	정기안전점검	최문용	양호	양호
20	2014-06-18 ~ 2014-06-18	자체수행	0	양호
	정기안전점검	최문용	양호	양호
21	2013-11-13 ~ 2013-11-13	자체수행	0	양호
	정기안전점검	장석균	양호	양호
22	2013-10-01 ~ 2013-12-03	자체수행	0	라이닝균열
	정밀안전점검	장석균	A등급	하자보수예정
23	2012-10-10 ~ 2012-10-10	자체수행	0	양호
	정기안전점검	장석균	양호	양호

<표 1.1.10> 기존 점검 · 진단 이력(계속)

번호	점검·진단기간	점검·진단 기관명	비용 (천원)	주요 점검·진단 결과
	점검·진단구분	점검·진단 책임기술자	상태 등급	주요 보수보강(안)
24	2012-06-13 ~ 2012-06-14	자체수행	0	양호
	정기안전점검	장석균	양호	양호
25	2011-11-28 ~ 2011-11-28	자체수행	0	테라스부분 누수
	정기안전점검	강춘길	양호	하자보수
26	2011-05-02 ~ 2011-05-04	자체수행	0	테라스부분 누수
	정기안전점검	강춘길	양호	누수보수
27	2010-07-07 ~ 2010-12-08	자체수행	0	양호함
	정기안전점검	김동광	양호	양호함
28	2009-08-04 ~ 2009-11-25	자체수행	0	이상없음
	정기안전점검	신재환	양호	없음
29	2009-03-06 ~ 2009-06-30		0	이상없음
	정기안전점검	이재덕	양호	없음

<표 1.1.11> 2019년 08월 정밀안전진단보고서 요약

구 분	내용	비고
용 역 명	·2018년도 정밀안전진단 및 성능평가 용역(문수터널-부산)	
용역기간	·2018년 08월~2019년 08월	
용 역 사	·㈜동성엔지니어링	
외관조사	·외관조사결과 전반적으로 양호한 상태이나 일부 보수를 요하는 손상인 라이닝 균열, 콘크리트 박락, 파손, 잡철근노출이 조사되었으며, 측벽부 타일 탈락은 미관제고를 위해 보수가 필요하다. 공동구 및 배수시설의 공동구 벽체 파손, 집수구 토사퇴적은 내구성 확보차원의 보수가 필요하다. 피난 연락갱의 폭 0.3㎜ 균열은 주입보수를 실시한다.	
내구성평가	·비파괴강도 측정결과 공용년수 경과에 따른 구조물의 강도 저하는 없는 상태이며, 탄산화깊이 및 염화물함유량 시험, 철근부식도 시험 결과 철근부식으로 인한 구조물의 내구성 저하 우려는 없는 상태임.	
상태평가	·상태평가 결함도점수 : 0.182(B)	
안전성평가	·안전율(S·F) : 1.47(A)	
종합평가 (안전등급)	·문수터널(부산)에 대한 상태평가 및 안전성평가 결과 시설물의 상태는 『보조 부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능발휘에 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』인 안전등급 “B등급”으로 평가되었다.	
종합결론	·문수터널(부산)에 대한 외관조사결과 전반적으로 양호한 상태이나 일부 보수를 요하는 손상인 라이닝 균열, 보수부재균열, 철근노출, 파손 등이 조사되었다. 라이닝 철근노출은 내구성 확보를 위한 철근 방청 후 단면보수가 필요하다. 측벽부 타일 파손, 탈락은 미관제고를 위해 보수가 필요하다. 공동구 벽체에서 조사된 파손 및 철근노출, 덮개파손, 난간파손은 내구성 확보차원의 보수가 필요하다. 배수시설의 집수구 토사퇴적은 주기적인 청소를 통한 유지관리가 필요하다. 내구성 시험 결과 콘크리트 강도와 철근탐사 결과는 양호한 상태를 나타내고 있으며, 염화물함유량 시험결과와 탄산화깊이는 모두 ‘a’등급으로 평가되어 염화물 또는 탄산화에 의한 철근부식 가능성이 없는 것으로 조사되었다. ·따라서, 본 터널의 상태평가 및 안전성평가 결과를 토대로 안전등급을 산정하면 『B등급(양호)』로 평가되었으며, 결함 및 손상 부위에 대하여 금회 진단 보고서에 제시된 보수를 시행하고 중점유지관리가 필요한 구간에 대한 지속적인 유지관리가 수행된다면 고속도로 터널로서의 기능을 유지 할 수 있을 것으로 판단된다	

<표 1.1.12> 2021년 08월 정밀안전점검보고서 요약

구 분		내 용	비고
용 역 명		·2021년 부산울산고속도로 정밀안전점검 용역[터널]	
용역기간		·2021.03.03.~2021.08.23.	
용 역 사		·(주)아워브레인	
외관 조사	라이닝	·균열, 망상균열, 철근노출, 파손 등	b
	측벽부	·타일탈락 및 파손	b
	갱문	·배수로 균열	-
	공동구	·균열, 망상균열, 박락, 파손, 철근노출, 들뜸, 긁힘, 덮개손상 등	-
	배수시설	·측구 균열, 파손, 집수구 토사퇴적, 그레이팅부식 등	-
	포장면	·균열, 파손, 재료분리 등	-
	부대시설	·양호	a
	부속시설	·조명유리파손, 볼트미체결, 점검로 지주탈락 등	-
비파괴 시험	강도	·콘크리트 강도는 모든 측정위치에서 측정강도가 설계기준강도를 100%이상 상회하는 양호한 상태로 평가되었다.	-
	탄산화	·잔여 깊이는 61.0~65.5㎜로서 등급은 'a' 이며, 잔존수명(철근까지 탄산화 도달시간)은 100년 이상으로 분석되어 탄산화에 따른 급격한 성능저하 및 철근부식의 영향은 없을 것으로 판단된다.	a
상태평가		·B등급(상태평가지수 0.168)	
안전성평가		·미실시	
안전등급		·B등급	
종합의견		·종합평가결과 안전등급은 "보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태"인 B등급(양호)으로 지정되었으며, 기존 정밀안전진단(2019년)과 비교 시 안전등급은 동일한 상태이나, 콘크리트 라이닝 손상에 대해 보수를 실시하여 손상물량의 감소에 따라 상태평가 결함도 점수는 소폭 감소된 것으로 평가되었다. ·본 터널은 구조안전성에 영향을 미치는 보강이 필요한 부위 및 중대한 결함에 포함되는 손상은 없는 것으로 분석되었으며, 특별한 문제점이 없는 상태이다. 일부 부재에 내구성 저하방지를 위한 보수가 필요한 상태로서 손상의 상태·효율성·경제성 등을 고려하여 금회 정밀안전점검에서 보수방안을 제안하였다. ·정밀안전점검 결과를 종합적으로 분석하면, 현재 구조적인 손상의 발생이나, 내구성을 크게 저하시킬만한 특이사항은 없는 것으로 판단되며, 현재 발생된 손상에 대하여 시설물의 내구성 및 사용성 측면에서 보수 및 유지관리가 요구된다.	

마. 보수・보강 이력 및 용도변경

본 터널은 준공 이후 현재까지 주기적인 점검을 실시하고 있으며, 시설물통합정보관리시스템(FMS)에 입력된 보수·보강이력은 다음과 같다.

또한, 금회 정밀안전점검시 국토안전관리원 FMS 및 관리주체 보수·보강 이력사항에 기록되지 않은 사항에 대하여 주의깊은 점검을 실시하였다.

1) 보수·보강 이력

<표 1.1.13> 보수・보강 이력

번호	공사명	보수・보강공사 부위	설계자	시공자
	공사기간	공사내역	공사비(천원)	책임기술자
1	2022년 울산지사 관내 시설물 연간 유지보수공사	천단부	㈜엠케이에스이	진양건설(주)
	2022-01-03 ~ 2022-12-31	주입보수(75m)	10,000	이재명
2	2022년 울산지사 관내 시설물 연간 유지보수공사	천단부	-	진양건설(주)
	2022-01-03 ~ 2022-11-30	터널라이닝 균열보수	20,000	이재명

2) 용도변경 여부 확인

기존 점검 결과 등을 통해 터널 현황 검토 결과, 구조물의 구조 및 용도 변경 사항은 기록된 바가 없으며, 현장조사 결과, 특이사항은 없는 것으로 조사되었다.

바. 시설물의 내진설계 여부 확인

문수터널(부산)는 2008년 준공된 터널로 준공도서(터널해석보고서 2008.12) 및 시설물관리대장(FMS) 등을 검토한 결과 내진설계가 적용된 터널인 것으로 확인되었다.

<표 1.1.14> 내진 설계여부

<table>
<tr><th>적용유무</th><th>내진설계</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>내진설계 적용</td><td>
- 시설물관리대장(FMS)에 내진설계 적용으로 표기됨

NATM터널 갱구부
- 건교부기준 문수터널지역 1000년 빈도 재현주기 최대가속도는 0.154g(지진구역계수×위험도계수)임
- NATM터널 갱구부는 시간이력해석법으로 내진해석 수행

해석방법
- 과업구간의 지반특성 및 가속도계수를 고려하여 인공지진파 작성 후 시간이력해석 수행
- 해석프로그램 : FLAC

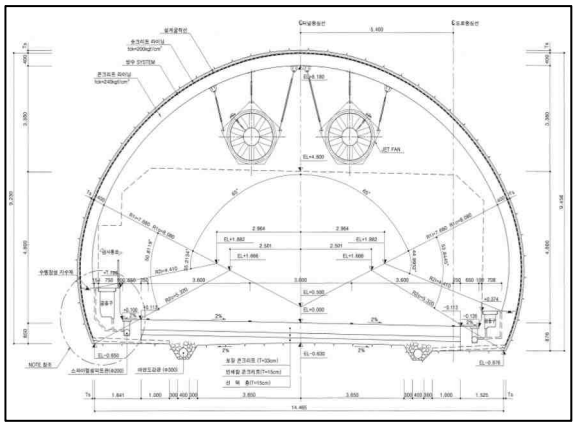
해석결과
<table>
<tr><th>구분</th><th colspan="3">문수터널 시점부</th><th colspan="3">문수터널 종점부</th></tr>
<tr><td>해석 위치</td><td colspan="3">STA.0+390</td><td colspan="3">STA.1+840</td></tr>
<tr><td rowspan="2">최대 단면력</td><td>모멘트 (t・m)</td><td>전단력 (ton)</td><td>인장력 (ton)</td><td>모멘트 (t・m)</td><td>전단력 (ton)</td><td>인장력 (ton)</td></tr>
<tr><td>3.30</td><td>0.80</td><td>1.04</td><td>1.59</td><td>0.27</td><td>0.44</td></tr>
</table>

검토결과 요약
- 지진하중에 의해 발생한 단면력은 상시하중의 철근보강(주철근 D19@125)으로도 안전
</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">
<table>
<tr><th rowspan="2">시설물번호</th><th rowspan="2">관리번호</th><th rowspan="2">시설물명</th><th colspan="2">노선</th><th colspan="4">시설물분류</th></tr>
<tr><th>구분</th><th>세부노선</th><th>시설물종류</th><th>시설물종별</th><th>시설물구분</th><th>SOC성능평가대상</th></tr>
<tr><td>TU2008-0000196</td><td></td><td>문수터널(부산)</td><td>고속국도</td><td>고속국도65호선</td><td>연장 1천미터 이상의 터널</td><td>1종</td><td>터널</td><td>유</td></tr>
</table>
<table>
<tr><th colspan="4">주소 (시,도) (시,군,구) (읍,면,동) (리,번지 등 주소)</th><th rowspan="2">관리주체</th><th colspan="4">관리주체구분</th><th rowspan="2">소유자</th><th colspan="4">소유자구분</th></tr>
<tr><th rowspan="2">울산광역시</th><th rowspan="2">울주군</th><th rowspan="2">청량읍 율리 산 9-5</th><th rowspan="2"></th><th rowspan="2">공공</th><th rowspan="2">민간</th><th rowspan="2">중앙부처</th><th rowspan="2">지자체</th><th rowspan="2">(국가/지방)공기업</th><th rowspan="2">민간</th><th rowspan="2">공공</th><th rowspan="2">민간</th><th rowspan="2">중앙부처</th><th rowspan="2">지자체</th><th rowspan="2">(국가/지방)공기업</th></tr>
<tr><td>부산울산고속도로(주)</td><td>V</td><td>국도해양부</td></tr>
</table>
<table>
<tr><th>사업계획 승인일</th><th>준공 (사용승인)일</th><th>하자담보책임 만료일</th><th>2. 상세제원</th><th>3. 안전점검 및 정밀안전진단 이력</th><th>4. 보수・보강 이력</th><th>환기구 덮개 (접근 가능한 환기구)</th><th>5. 첨부자료 목록</th></tr>
<tr><td></td><td>2008년 12월 31일</td><td>2017년 12월 31일</td><td>유</td><td>유</td><td>유</td><td></td><td>크기변환-터널-부산시점.JPG
크기변환-터널-부산종점.JPG</td></tr>
</table>
<table>
<tr><th>설계기간</th><th>설계자</th><th>공사기간</th><th>시공자</th><th>총공사비(백만원)</th></tr>
<tr><td>1999-09-15 ~ 2008-12-31</td><td>한국종합기술</td><td>2001-09-17 ~ 2008-12-31</td><td>삼성물산,삼성중공업</td><td>26,306</td></tr>
</table>
<table>
<tr><th rowspan="2">내진정보</th><th>내진설계 대상 유무</th><th>내진설계 적용 유무</th><th>적용내진설계기준</th><th>내진성능평가 실시 유무</th><th>내진보강 유무</th></tr>
<tr><td>불명</td><td>적용</td><td></td><td>불명</td><td>불명</td></tr>
</table>
<table>
<tr><th>영21조대상</th><th>감리기간</th><th>감리자(책임감리원)</th><th>사업주체(발주자)</th><th>공사명</th><th>공사감독・공사관리관</th></tr>
<tr><td>아니오</td><td></td><td></td><td>부산울산고속도로(주)</td><td>부산~울산간 고속도로 민간시설 투자사업</td><td>한국도로공사</td></tr>
</table>
<table>
<tr><th colspan="4">기타 기본현황</th></tr>
<tr><th>작성일</th><th>작성자</th><th>최종 수정일</th><th>최종 수정자</th></tr>
<tr><td>2008년 12월 18일</td><td>부산울산고속도로(주) (인)</td><td>2019년 11월 26일</td><td>박준형</td></tr>
<tr><td>비고</td><td colspan="3"></td></tr>
</table>
</td><td></td></tr>
</table>

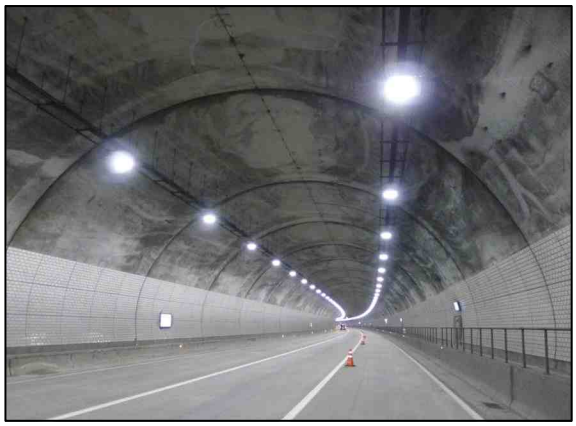
사. 주변현황 및 하중변화

문수터널은 울산광역시 울주군 청량면 율리에 위치하고 있으며, FMS(시설물통합정보관리시스템 fms.or.kr) 및 관리주체인 부산울산고속도로(주)에 보관된 준공관련자료를 검토한 결과 준공시 고려되었던 하중 이외의 터널내부 추가하중은 없는 것으로 검토되고 터널외부 주변 현황의 변화 또한 없는 것으로 확인되었다. 향후 본 터널 내부에 부속시설 설치 및 터널 외부 주변 현황의 변화시 그에 따른 구조검토를 실시하여 하중변화에 따른 터널의 안정성을 확보하여야 할 것이다.

a. 시설물 주변 현황



b. 터널 표준 단면도



c. 터널 내부 전경

<사진 1.1.2> 주변현황 및 하중변화

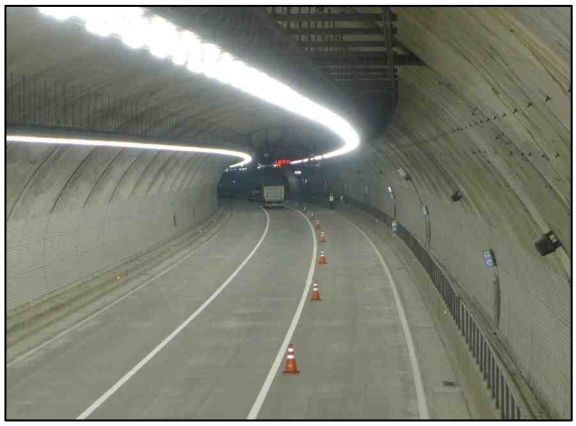
d. 2021년 시점부 주변 현황

e. 2023년 시점부 주변 현황(특이한 변화 없음)

f. 2021년 종점부 주변 현황

g. 2023년 종점부 주변 현황(특이한 변화 없음)

h. 2021년 터널 내부 현황



i. 2023년 터널 내부 현황(변상 및 추가시설 없음)

<사진 1.1.2> 주변현황 및 하중변화(계속)

아. 정밀안전점검 과업진행 방향

금회 정밀안전점검에 필요한 수집 자료를 분석·검토한 결과 과업수행을 위한 방향은 아래와 같이 수립하였다.

<표 1.1.15> 정밀안전점검 과업진행 방향

구분	수집자료	자료 분석 결과	과업진행 방향
건설 관련 자료	◦준공도서 있음 -구조계산서 -준공도면	◦준공도서(구조계산서, 도면, 보고서 등)는 설계 당시 기준에 준하여 작성된 것으로 확인됨.	◦현장조사 시 부재치수를 실측하여 준공도면과 비교, 검토 ◦부속시설, 추가하중 변화 확인
유지 관리 자료	◦점검 이력 -2009년 ~ 2022년 (정기, 정밀, 진단) -정밀안전점검 보고서 (2021년 08월)	◦천단부 : 라이닝 균열(폭 0.3㎜이상), 철근 노출 보수 및 진전 여부 ◦측벽부 : 타일탈락 및 파손 ◦갱문 : 배수로 균열 ◦공동구 : 균열, 망상균열, 박락, 파손, 철근 노출, 들뜸, 긁힘, 덮개손상 등 ◦배수시설 : 측구 균열, 파손, 집수구 토사퇴적, 그레이팅부식 등 ◦포장면 : 균열, 파손, 재료분리 등	◦이전 안전점검에서 조사된 주요손상의 진전 및 심화, 추가 발생 확인 ◦외관조사시 발생한 손상에 대하여 보수 및 유지관리를 취할 수 있는 방향으로 과업 시행 ◦구조물의 용도 및 구조변경 등에 대한 이력조사를 실시하여 안전성 확보 여부 확인
	◦보수·보강 이력 - FMS에 입력사항	◦준공이후 하자보수 및 유지관리를 실시하고 있는 상태임.	◦보수·보강 이력사항에 기록되지 않은 사항에 대하여 주의깊은 점검을 실시

1.2 외관조사

1.2.1 개요

과업대상 터널인 문수터널(부산)는 울산광역시 울주군 청량면 율리(부산울산선 44.5㎞)에 위치한 터널로 시공사인 삼성물산(주)외 1개사가 2008년 12월에 준공하여 약 15년이 경과되었으며, 터널의 총 연장은 1,508.0m이고 편도 3차로인 1종 시설물이다.

본 터널의 평면선형은 곡선(R=1,494.9), 종단구배는 0.5%이고 NATM공법을 사용하였으며, 갱문은 시점 및 종점 벨마우스(마제형)식으로 확인되고 환기방식은 강제 환기(Jet-Fan) 방식이다.

문수터널(부산)의 내부는 콘크리트 라이닝으로 시공되어 있으며, 측벽부는 타일마감이 실시된 구조물로서 본 과업은 대상터널의 물리적, 기능적 결함을 발견하고 안전성을 판단할 목적으로 터널부재 전체에 대하여 가능한 한 근접한 상태에서 육안조사를 실시함을 원칙으로 하였다. 따라서, 사전 현장답사를 통해 주변 여건을 파악하여 현장에 필요한 접근방법 및 장비 동원과 그에 따른 일정계획을 수립하고, 기초자료의 수집 및 분석을 통한 주요 손상에 대한 사전검토 후 『시설물의 안전 및 유지관리 실시세부지침_터널편(2022.12, 국토교통부/국토안전관리원)』의 실시요령에 따라 시설물에 내재되어 있는 위험요인이나 시설물의 기능 및 성능 저하, 상태 등을 신속·정확하게 검사·평가하는데 주안점을 두고 외관조사 방향을 결정하였다.

본 터널의 외관조사는 현장여건(내공단면, 부대시설, 교통상황 등)을 고려하여 근접장비(고소작업차량 등)를 활용하였으며, 기본시설물(라이닝, 갱문 등)과 부대시설(환기구, 피난연락갱, 갱구부 옹벽 등)로 구분하여 실시하였고 특히 터널의 안전성을 저해할 만한 구조적인 결함의 유무를 확인하고자 하였다.

본 장에서는 외관조사결과 확인된 결함과 손상 상태에 대하여 터널의 구성 부재별로 사진을 첨부하여 설명하고 발생 원인을 분석하여 보수·보강 및 유지관리 방안을 마련하는 데 참고할 수 있도록 하였으며, 전체 부재에 대한 외관조사망도를 작성하여 향후 터널의 점검 및 유지관리시 효율적으로 활용할 수 있도록 하였다.

금회 문수터널(부산)의 정밀안전점검용역 현장조사 및 시험 일정은 다음과 같다.

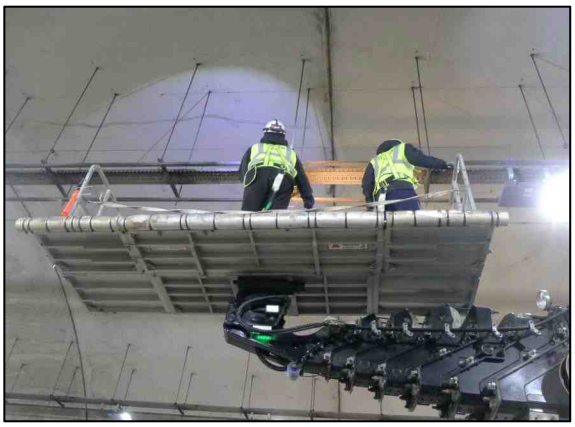
<표 1.2.1> 현장조사 기간

구 분	일 시	조사내용	수행자
사전답사	2023.02.22～2023.02.24	현장답사, 구조물 현황조사	허장호 외 10명
현장조사	2023.04.24～2023.05.31	도보를 이용한 구조물 외관조사 및 비파괴시험	
		근접장비를 이용한 구조물 외관조사 및 비파괴시험	

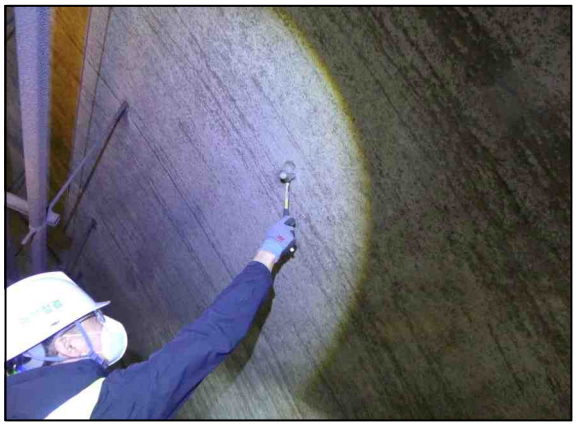
가. 현장 접근방법 및 장비 동원

터널 시설물에 대한 외관조사는 근접 육안조사를 원칙으로 콘크리트 라이닝 천단부 및 어깨부 등은 고소작업차량을 이용하였으며, 그 외 측벽부, 포장부, 공동구 및 배수시설 등은 교통통제 후 도보로 현장 조사를 수행하였다.

a. 고소작업차량을 이용한 천단부 외관조사현황①

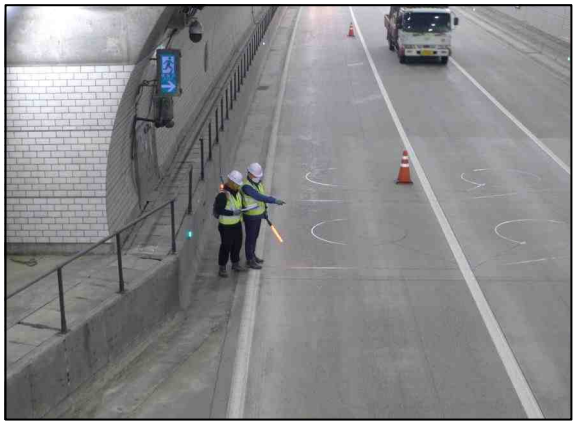


b. 고소작업차량을 이용한 천단부 외관조사현황②



c. 점검망치를 이용한 라이닝 외관조사현황

d. 고소작업차량을 이용한 갱구부 외관조사현황



e. 교통통제 후 포장부 외관조사현황

f. 교통통제 현황

<사진 1.2.1> 외관조사 현황

나. 터널 측점 분할

금회 과업대상시설물의 정밀안전점검 시 외관조사, 재료시험, 상태평가 등을 효과적으로 수행하기 위하여 측점분할(Span. No)을 세부지침에 의거하여 시공이음 경계를 기준으로 실시하였으며, 설계도면 등 준공도서 검토를 통해 무근구간, 철근보강구간을 구분하여 다음과 같이 정리하였다.

<표 1.2.2> 터널 측점분할

Span 번호	Span 거리(m)	누적거리 (m)	Span 번호	Span 거리(m)	누적거리 (m)	Span 번호	Span 거리(m)	누적거리 (m)
1	9.0	9.0	31	9.0	269.0	61	9.5	533.0
2	8.0	17.0	32	9.5	278.5	62	8.5	541.5
3	9.0	26.0	33	8.5	287.0	63	9.0	550.5
4	7.5	33.5	34	9.0	296.0	64	9.5	560.0
5	8.0	41.5	35	9.5	305.5	65	9.0	569.0
6	7.0	48.5	36	9.0	314.5	66	9.5	578.5
7	7.0	55.5	37	9.5	324.0	67	8.5	587.0
8	7.5	63.0	38	9.5	333.5	68	9.0	596.0
9	7.5	70.5	39	9.0	342.5	69	9.0	605.0
10	9.5	80.0	40	9.0	351.5	70	9.0	614.0
11	9.5	89.5	41	9.0	360.5	71	9.5	623.5
12	8.5	98.0	42	9.0	369.5	72	8.5	632.0
13	9.0	107.0	43	9.0	378.5	73	9.0	641.0
14	8.5	115.5	44	8.5	387.0	74	9.5	650.5
15	9.5	125.0	45	8.5	395.5	75	9.0	659.5
16	9.0	134.0	46	9.5	405.0	76	9.0	668.5
17	9.0	143.0	47	9.0	414.0	77	9.5	678.0
18	8.5	151.5	48	9.5	423.5	78	9.0	687.0
19	9.0	160.5	49	9.5	433.0	79	9.0	696.0
20	9.0	169.5	50	9.0	442.0	80	9.0	705.0
21	9.0	178.5	51	9.5	451.5	81	9.0	714.0
22	9.0	187.5	52	6.0	457.5	82	9.0	723.0
23	8.5	196.0	53	9.5	467.0	83	9.0	732.0
24	9.5	205.5	54	9.5	476.5	84	9.0	741.0
25	9.5	215.0	55	5.5	482.0	85	9.0	750.0
26	9.0	224.0	56	8.5	490.5	86	9.0	759.0
27	9.5	233.5	57	5.5	496.0	87	6.5	765.5
28	8.5	242.0	58	9.0	505.0	88	9.0	774.5
29	8.5	250.5	59	9.5	514.5	89	9.0	783.5
30	9.5	260.0	60	9.0	523.5	90	9.5	793.0

주1) : 철근보강구간
주2) 측점분할은 측벽부 하단 조인트에 각각 Span. No가 분필로 표기됨(기 표기된 Span. No 및 거리와의 측점오차 없음)

<표 1.2.2> 터널 측점분할(계속)

Span 번호	Span 거리(m)	누적거리 (m)	Span 번호	Span 거리(m)	누적거리 (m)	Span 번호	Span 거리(m)	누적거리 (m)
91	8.5	801.5	118	9.0	1046.0	145	8.5	1282.0
92	9.0	810.5	119	9.0	1055.0	146	9.5	1291.5
93	9.5	820.0	120	9.5	1064.5	147	9.0	1300.5
94	8.5	828.5	121	9.0	1073.5	148	9.0	1309.5
95	9.5	838.0	122	9.0	1082.5	149	9.0	1318.5
96	9.0	847.0	123	9.0	1091.5	150	9.0	1327.5
97	9.0	856.0	124	9.0	1100.5	151	9.0	1336.5
98	9.5	865.5	125	9.0	1109.5	152	9.0	1345.5
99	9.0	874.5	126	9.0	1118.5	153	9.0	1354.5
100	8.5	883.0	127	7.5	1126.0	154	9.0	1363.5
101	9.5	892.5	128	9.0	1135.0	155	9.0	1372.5
102	9.0	901.5	129	6.5	1141.5	156	9.0	1381.5
103	9.0	910.5	130	8.5	1150.0	157	9.5	1391.0
104	9.0	919.5	131	6.0	1156.0	158	9.0	1400.0
105	8.5	928.0	132	9.0	1165.0	159	9.5	1409.5
106	9.0	937.0	133	8.0	1173.0	160	8.5	1418.0
107	9.5	946.5	134	9.5	1182.5	161	9.5	1427.5
108	9.5	956.0	135	9.0	1191.5	162	8.5	1436.0
109	8.5	964.5	136	9.5	1201.0	163	9.0	1445.0
110	9.0	973.5	137	9.5	1210.5	164	7.0	1452.0
111	9.0	982.5	138	9.0	1219.5	165	7.0	1459.0
112	9.5	992.0	139	8.5	1228.0	166	6.0	1465.0
113	9.0	1001.0	140	9.5	1237.5	167	9.0	1474.0
114	9.0	1010.0	141	9.0	1246.5	168	8.5	1482.5
115	9.0	1019.0	142	9.0	1255.5	169	8.5	1491.0
116	9.0	1028.0	143	9.0	1264.5	170	9.0	1500.0
117	9.0	1037.0	144	9.0	1273.5	171	8.0	1508.0

주1) : 철근보강구간

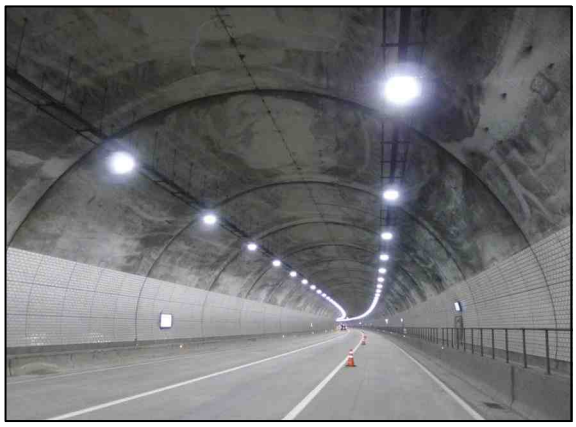
주2) 측점분할은 측벽부 하단 조인트에 각각 Span. No가 분필로 표기됨(기 표기된 Span. No 및 거리와의 측점오차 없음)

1.2.2 콘크리트 라이닝(천단부, 측벽부)

가. 현황

콘크리트 라이닝은 터널내부 시설물인 숏크리트, 록볼트, 강지보 등을 보호하며, 내구성 및 장기 안전율 확보, 미관유지, 공기역학적 기능향상, 내부 시설물 설치 위치 제공 등의 부수적 기능을 담당하고 있다.

터널내부의 좌·우 측벽부는 타일마감을 실시한 것으로 확인되었다. 타일은 내부의 조명을 균등히 분산시켜 조명효과를 개선하고, 터널 벽면의 위치를 운전자에게 쉽게 인식시켜 통행 안전성 증진 등 터널내 시선유도 효과와 시각환경을 높이고 있다.



a. 콘크리트 라이닝(천단부) 전경

b. 단면변화부(Span. 128~132 비상주차대) 전경

c. 콘크리트 라이닝(측벽부) 전경

d. 측벽부 타일 시공현황

<사진 1.2.2> 콘크리트 라이닝 전경

나. 천단부

1) 외관조사 결과

콘크리트 라이닝의 천단부에 대한 외관조사결과, 균열 및 보수부 재균열(0.3㎜미만, 0.3㎜이상), 망상균열, 철근노출, 시공이음부 박락, 마감불량의 손상이 발생한 것으로 조사되었다.

<표 1.2.3> 천단부 손상현황

구분	균열			손상 및 열화		
	균열, 재균열 (0.3㎜이상)	균열, 재균열 (0.3㎜미만)	망상균열	철근노출	박락, 보수부박락	마감불량
	(m/EA)	(m/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)
S1	-	-	-	-	-	-
S2	-	20.50 / 8	23.75 / 2	-	-	-
S3	-	10.70 / 8	16.00 / 1	-	-	-
S4	-	24.00 / 10	-	-	-	-
S5	-	1.50 / 1	-	-	-	-
S6	-	-	-	-	-	-
S7	-	1.20 / 1	-	-	-	-
S8	-	-	-	-	-	-
S9	-	-	-	-	-	-
S10	-	-	-	-	-	-
S11	-	-	-	-	-	-
S12	-	-	-	-	-	-
S13	-	12.00 / 2	-	-	-	-
S14	-	6.00 / 1	-	-	-	-
S15	-	1.20 / 1	-	-	-	-
S16	-	-	-	-	-	-
S17	-	-	-	-	-	-
S18	-	-	-	-	-	-
S19	-	-	-	-	-	-
S20	-	-	-	-	-	-
S21	-	-	-	-	-	-
S22	-	-	-	-	-	-
S23	-	-	-	-	-	-
S24	-	-	-	-	-	-
S25	-	1.20 / 1	-	-	-	-
S26	-	-	-	-	-	-
S27	-	-	-	-	-	-
S28	-	-	-	-	-	-
S29	-	0.70 / 1	-	-	-	-

<표 1.2.3> 천단부 손상현황(계속)

구분	균열			손상 및 열화		
	균열, 재균열 (0.3㎜이상)	균열, 재균열 (0.3㎜미만)	망상균열	철근노출	박락, 보수부박락	마감불량
	(m/EA)	(m/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)
S30	-	9.00 / 3	-	-	-	-
S31	-	9.00 / 1	-	-	-	-
S32	-	9.00 / 1	-	-	-	-
S33	-	9.00 / 1	-	-	-	-
S34	-	9.00 / 1	-	-	-	-
S35	-	-	-	-	-	-
S36	-	-	-	-	-	-
S37	-	9.00 / 1	-	-	-	-
S38	-	7.00 / 1	-	-	-	-
S39	-	5.00 / 1	-	0.02 / 2	-	-
S40	-	-	-	-	-	-
S41	-	-	-	-	-	-
S42	-	9.00 / 1	-	-	-	-
S43	5.00 / 1	1.00 / 1	-	-	-	-
S44	-	9.00 / 1	-	-	-	-
S45	-	9.00 / 1	-	-	-	-
S46	-	9.00 / 1	-	-	-	-
S47	-	4.00 / 1	-	-	-	-
S48	4.00 / 1	-	-	-	-	-
S49	-	10.00 / 2	-	-	-	-
S50	-	1.60 / 2	-	-	-	-
S51	-	9.00 / 1	-	-	-	-
S52	-	5.00 / 2	-	-	-	-
S53	-	-	-	-	-	-
S54	-	10.50 /2	-	-	-	-
S55	-	3.20 / 3	-	-	-	-
S56	-	1.90 / 2	2.25 / 1	0.13 / 5	-	-
S57	-	5.00 / 1	-	-	-	-
S58	1.30 / 1	2.00 / 1	-	-	-	-

<표 1.2.3> 천단부 손상현황(계속)

구분	균열			손상 및 열화		
	균열, 재균열 (0.3㎜이상)	균열, 재균열 (0.3㎜미만)	망상균열	철근노출	박락, 보수부박락	마감불량
	(m/EA)	(m/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)
S59	-	-	-	-	-	-
S60	-	-	-	-	-	-
S61	-	-	-	-	-	-
S62	-	-	-	-	-	-
S63	-	-	-	-	-	-
S64	-	-	-	-	-	-
S65	-	-	-	-	-	-
S66	-	1.60 / 1	-	-	-	-
S67	-	3.20 / 1	-	-	-	-
S68	-	9.00 / 1	-	0.02 / 1	-	-
S69	-	-	-	-	-	-
S70	-	9.00 / 1	-	-	0.03 / 1	-
S71	-	9.50 / 3	-	0.02 / 2	-	-
S72	-	-	-	-	-	-
S73	-	-	-	-	-	-
S74	-	8.00 / 1	-	-	-	-
S75	-	-	-	0.02 / 1	-	-
S76	-	9.00 / 1	-	-	0.02 / 1	-
S77	-	-	-	-	-	-
S78	-	-	-	-	-	-
S79	-	-	-	-	-	-
S80	-	-	-	-	-	-
S81	-	-	-	-	-	-
S82	-	-	-	-	-	-
S83	-	5.00 / 1	-	-	-	-
S84	-	-	-	-	-	-
S85	-	-	-	-	-	-
S86	-	-	-	-	-	-
S87	-	-	-	-	-	-

<표 1.2.3> 천단부 손상현황(계속)

구분	균열			손상 및 열화		
	균열, 재균열 (0.3㎜이상)	균열, 재균열 (0.3㎜미만)	망상균열	철근노출	박락, 보수부박락	마감불량
	(m/EA)	(m/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)
S88	-	-	-	-	-	-
S89	-	-	-	-	-	-
S90	-	-	-	-	-	-
S91	-	-	-	-	-	-
S92	-	4.00 / 1	-	-	-	0.02 / 1
S93	-	3.00 / 1	4.00 / 1	-	-	-
S94	-	-	-	-	-	-
S95	-	-	-	-	-	-
S96	-	-	-	-	-	-
S97	-	-	-	-	-	-
S98	-	9.00 / 1	-	-	-	-
S99	-	-	-	-	-	-
S100	-	-	-	-	-	-
S101	-	-	-	-	-	-
S102	-	9.00 / 1	-	-	-	-
S103	-	-	-	-	-	-
S104	-	9.00 / 1	-	-	-	-
S105	-	11.50 / 6	-	-	-	-
S106	-	-	-	-	-	-
S107	-	9.00 / 1	-	-	-	-
S108	-	9.00 / 1	-	-	-	-
S109	-	-	-	-	-	-
S110	-	-	-	-	-	-
S111	-	-	-	-	-	-
S112	-	-	-	-	-	-
S113	-	-	-	-	-	-
S114	-	-	-	-	-	-
S115	-	-	-	-	-	-
S116	-	-	-	-	-	-

<표 1.2.3> 천단부 손상현황(계속)

구분	균열			손상 및 열화		
	균열, 재균열 (0.3㎜이상)	균열, 재균열 (0.3㎜미만)	망상균열	철근노출	박락, 보수부박락	마감불량
	(m/EA)	(m/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)
S117	-	-	-	-	-	-
S118	-	-	-	-	-	-
S119	-	-	-	-	-	-
S120	-	-	-	-	-	-
S121	-	-	-	-	-	-
S122	-	-	-	-	-	-
S123	-	-	-	-	-	-
S124	-	-	-	-	-	-
S125	-	-	-	-	-	-
S126	-	-	-	-	-	-
S127	-	1.50 / 1	-	-	-	-
S128	-	-	-	-	-	-
S129	-	-	-	0.15 / 3	-	-
S130	-	-	-	-	-	-
S131	-	1.00 / 1	-	-	-	-
S132	-	4.50 / 3	-	-	-	-
S133	-	-	-	-	-	-
S134	-	-	-	-	-	-
S135	-	-	-	-	-	-
S136	-	-	-	-	-	-
S137	-	-	-	-	-	-
S138	-	-	-	-	-	-
S139	-	1.20 / 1	-	-	-	-
S140	-	-	-	-	-	0.05 / 1
S141	-	-	-	-	-	-
S142	-	-	-	-	-	-
S143	-	-	-	-	-	-
S144	-	-	-	-	-	-
S145	-	-	-	-	-	-

<표 1.2.3> 천단부 손상현황(계속)

구분	균열			손상 및 열화		
	균열, 재균열 (0.3㎜이상)	균열, 재균열 (0.3㎜미만)	망상균열	철근노출	박락, 보수부박락	마감불량
	(m/EA)	(m/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)
S146	-	1.50 / 1	-	-	-	-
S147	9.00 / 1	-	-	-	-	-
S148	-	-	-	-	-	-
S149	-	-	-	-	-	-
S150	-	-	-	-	-	-
S151	-	-	-	-	-	-
S152	-	-	-	-	-	-
S153	-	-	-	-	-	-
S154	-	0.50 / 1	-	-	-	-
S155	9.00 / 1	-	-	-	0.08 / 1	-
S156	9.00 / 1	-	-	-	-	-
S157	9.00 / 1	-	-	-	-	-
S158	-	-	-	-	-	-
S159	-	-	-	-	-	-
S160	-	-	-	-	-	-
S161	-	-	-	-	-	-
S162	-	-	-	-	-	-
S163	-	1.50 / 1	-	-	-	-
S164	-	-	-	-	0.10 / 1	-
S165	-	-	-	-	-	-
S166	-	-	-	-	-	-
S167	-	-	-	-	-	-
S168	-	8.10 / 6	-	-	-	-
S169	-	-	-	-	-	-
S170	-	-	-	-	-	-
S171	-	3.20 / 3	-	-	-	-
합계	46.30/7	375.20/107	46.00/5	0.36/14	0.23/4	0.07/2

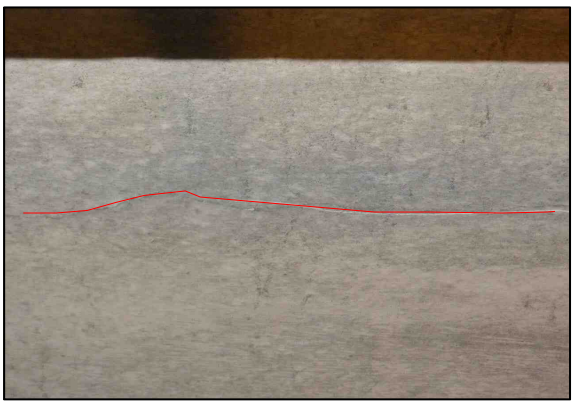
a. 천단부 S2 망상균열

b. 천단부 S4 균열(0.3㎜미만)

c. 천단부 S25 균열(0.3㎜미만)

d. 천단부 S32 보수부 재균열(0.3㎜미만)

e. 천단부 S39 철근노출

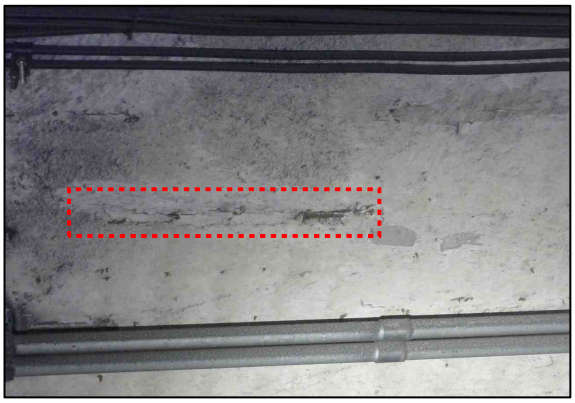


f. 천단부 S43 균열(0.3㎜이상)

g. 천단부 S47 균열 보수현황

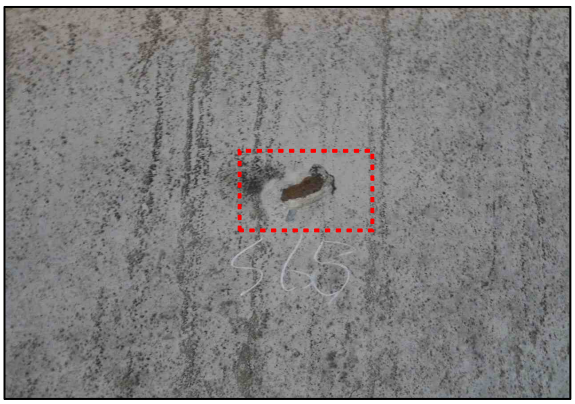
h. 천단부 S54 균열(0.3㎜미만)

<사진 1.2.3> 천단부 손상현황

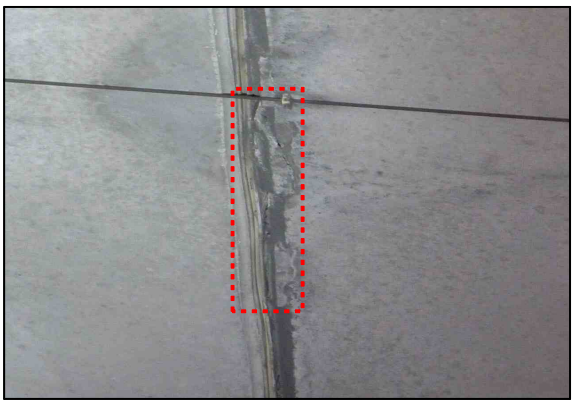


i. 천단부 S56 철근노출

j. 천단부 S58 균열(0.3㎜이상)

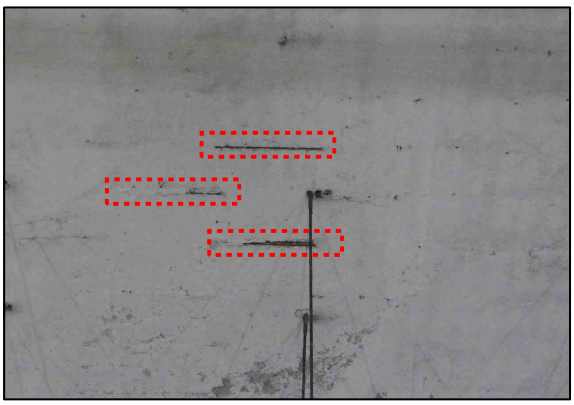


k. 천단부 S68 철근노출



l. 천단부 S70(J70) 시공이음부 박락

m. 천단부 S92 균열(0.3㎜미만)



n. 천단부 S129 철근노출

o. 천단부 S140(J140) 마감불량

p. 천단부 S155(J155) 시공이음부 박락

<사진 1.2.3> 천단부 손상현황(계속)

2) 기 점검·진단 결과와 비교·분석

콘크리트 라이닝의 천단부에서 조사된 손상 및 결함에 대하여 기 정밀안전점검(2021.08)과 비교결과, 기 조사된 균열(0.3㎜이상)에 대한 부분적인 보수를 시행하여 손상물량이 감소하였으며, 균열(0.3㎜미만)은 금회 점검시 보수흔적이 관찰되지 않았고 보수이력사항이 없는 것으로 확인되어 기 점검시 물량산출 오류로 손상물량이 감소한 것으로 검토되었다.

또한, 망상균열, 철근노출, 시공이음부 박락은 금회 점검시 추가로 조사되어 손상물량이 증가하고 있으며, 마감불량은 시공이음부 박락으로 콘크리트 탈락 후 보수가 시행되지 않아 신규 손상으로 조사하였다.

<표 1.2.4> 천단부 기 점검 결과와의 비교

구 분	결 함 내 용	손상물량		손상물량 비교	단위	증감원인
		이전(2021년) 정밀안전검	금회(2023년) 정밀안전점검			
천단부	균열, 재균열(0.3㎜이상)	82.00	46.30	⬇ 35.70	m	보수
	균열, 재균열(0.3㎜미만)	391.50	375.20	⬇ 16.30	m	물량산출 오류
	망상균열	26.25	46.00	⬆ 19.75	㎡	기 점검시 누락
	철근노출	0.19	0.36	⬆ 0.17	㎡	시공미흡
	박락, 보수부 박락	0.05	0.23	⬆ 0.18	㎡	시공미흡, 재노출
	마감불량	-	0.07	⬆ 0.07	㎡	보수불량

3) 검토의견

① 균열(0.3㎜미만, 0.3㎜이상), 망상균열

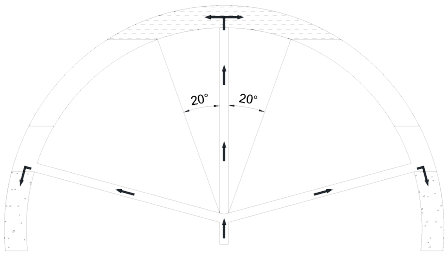
시·종점(철근보강구간)을 제외한 천단부에서는 대부분 종방향으로 균열이 발생하고 있으며, 일부 구간에서 횡균열(S25, 56, 127, 131, 139), 사균열(S67, 146, 163), 망상균열(S93)이 조사되었다.

천단부의 종방향 균열이 발생하는 공간적인 위치는 대부분 천단부 터널 중심선 기준 좌·우 20°의 범위이며, 원인은 콘크리트 온도변화 및 건조수축, 2차 라이닝에 작용하중 증가 등에 따른 라이닝 인장 취약부에 자중, 라이닝 두께 차이에 의한 응력불균형, 1차 라이닝의 소성변형에 따른 추가하중, 지반의 Creep 등의 복합적인 요인 등에 의하여 발생하는 것으로 연구·검토되고 있다. 본 문수터널(부산)의 균열은 NATM터널(무근) 구간에서 연구결과와 유사하게 천단부 터널 중심선 기준으로부터 20°의 범위에 종방향으로 발생하고 있으며, 균열 및 보수부 재균열(0.3㎜미만, 0.3㎜이상)의 발생면적을 균열길이당 0.25m의 폭으로 적용하여 면적율(균열발생면적÷천단부 전체 표면면적×100%)을

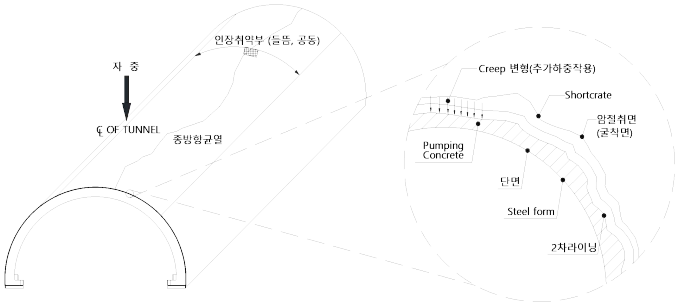
계산한 결과 균열 비중은 약 1% 정도로 손상 비중은 적은 것으로 판단된다. 또한, 천단부에서 조사된 횡균열, 사균열, 망상균열의 손상 위치, 형태, 균열폭, 연장 등을 고려하여 검토한 결과 콘크리트의 온도변화 및 건조수축에 의한 손상으로 판단된다.

시·종점의 NATM 철근구간에서 조사된 균열(0.3㎜미만, 0.3㎜이상) 및 망상균열은 일정한 형태 및 규칙성이 없이 콘크리트 표면에서 발생하고 있으며, 일부 균열폭 0.1~0.2㎜의 미세 망상균열이 금회 점검시 추가로 발생하고 있는 것으로 조사되었다.

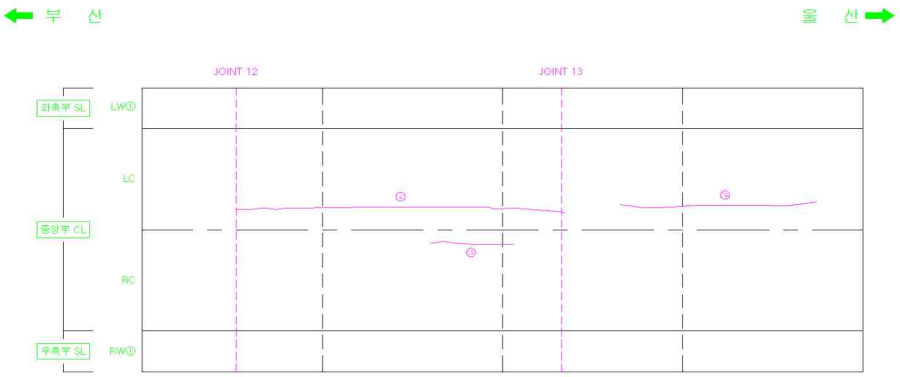
콘크리트의 라이닝의 천단부에서 조사된 균열은 내구성 저하방지를 위해 균열폭(0.3㎜미만: 표면보수, 0.3㎜이상: 주입보수)에 따른 보수를 시행하여 유지관리하는 것이 효율적일 것으로 판단된다.



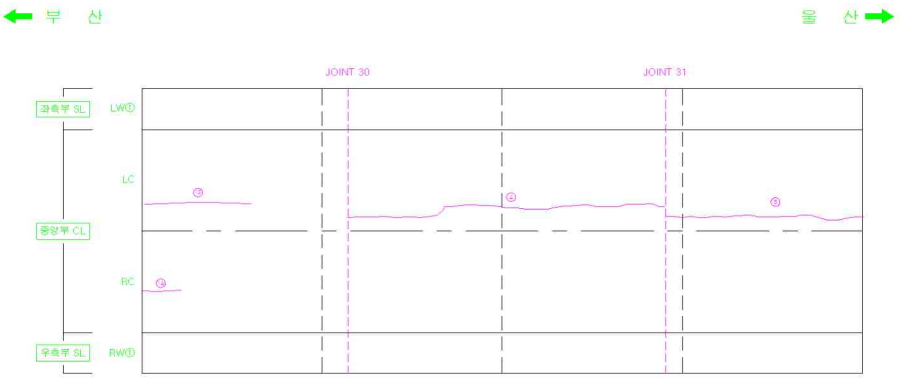
a. 천단부 종균열 발생 부위



b. 천단부 종균열 영향요인 모식도



c. 천단부 종균열 발생 현황(외관조사망도 S13 ~ S14)



d. 천단부 종균열 발생 현황(외관조사망도 S30 ~ S32)

<그림 1.2.1> 콘크리트 라이닝(천단부) 종균열 발생 현황

② 보수부 재균열(0.3㎜미만, 0.3㎜이상)

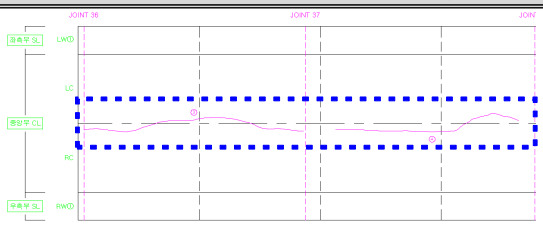
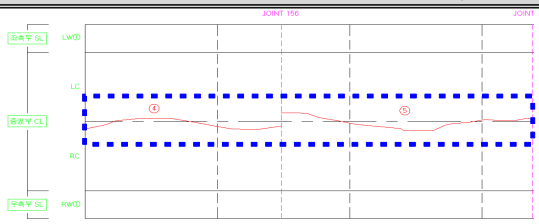
보수부 재균열은 균열부위에 대한 보수 미흡(표면보수층의 두께 부족, 부분 미충진 등의 충진불량)으로 인한 표면 보수재 경화로 균열이 재노출되거나 공용년수 증가에 따라 주입보수부 재손상이 발생한 것으로 판단된다.

③ 균열의 진행성 검토

콘크리트 라이닝에 발생한 균열폭 Cw=0.3㎜ 이상의 균열 및 보수부 재균열은 보수·보강 이력사항을 확인한 결과 “2022년 울산지사 관내 시설물 연간 유지보수공사(2022.12)_진양건설(주)” 균열에 대한 주입보수를 시행한 것으로 검토되었으며, 보수가 시행된 균열을 제외하고 이전 정밀안전점검(2021.08)에서 조사된 균열부에 대한 진행성 여부를 검토하였다.

균열(0.3㎜미만, 0.3㎜이상)에 대한 진행성 여부를 측정·조사한 결과 균열폭 및 단차 등의 변화는 관찰되지 않아 균열의 진행성은 없는 것으로 판단하였으며, 금회 점검시 추가로 조사된 망상균열(0.3㎜미만)은 새로운 손상이 아닌 미세균열로서 이전 점검자가 손상정도는 아니라고 판단하여 조사가 누락된 것으로 판단된다.

또한, 시공이음부를 경계로 어긋나면서 연속적으로 발생한 종균열이 S31~S33(보수부 재균열 Cw=0.2㎜), S37~S38(보수부 재균열 Cw=0.2㎜), S44~S46(보수부 재균열 Cw=0.2㎜), S49~S50(보수부 재균열 Cw=0.2㎜), S98~S99(보수부 재균열 Cw=0.2㎜), S104~S105(보수부 재균열 Cw=0.2㎜), S107~S108(보수부 재균열 Cw=0.2㎜), S156~S157(보수부 재균열 Cw=0.3㎜) 스판(Span) 등에서 8개소가 조사되었으며, 손상은 보수 미흡 및 공용년수 증가로 보수재가 경화되면서 균열이 재노출된 것으로 관찰되고 시공이음 주변에 박리, 박락, 단차 등의 손상이 없어 진행성은 없는 것으로 판단된다.

a. 천단부 S43 균열(0.3㎜이상)		b. 천단부 S52 균열(0.3㎜미만)	
2021년 정밀안전점검	2023년 정밀안전점검	2021년 정밀안전점검	2023년 정밀안전점검
균열 진행성 없음		균열 진행성 없음	
c. 천단부 S37~S38 균열(0.3㎜미만)		d. 천단부 S156~S157 균열(0.3㎜이상)	
			
균열 진행성 없음, 시공이음부 단차, 박락 없음		균열 진행성 없음, 시공이음부 단차, 박락 없음	

<사진 1.2.4> 균열의 진행성 검토

④ 시공이음부 들뜸, 박락

콘크리트 라이닝 시공이음부 주변 들뜸 및 박락은 반원형 균열의 진전 및 강재거푸집 설치에 따른 유압 Jack의 불균형에 의한 국부적인 지압력과 거푸집 조기탈형에 의한 양생불량 등의 요인에 의한 손상으로 판단되며, 향후 손상부 탈락으로 주행차량의 안전사고가 우려되므로 손상 제거 후 보수(단면보수)가 필요할 것으로 판단된다.

또한 기 보수부의 박락은 보수 미흡(치핑 미실시, 표면보수층의 두께 부족 등) 및 공용년수 증가으로 인한 표면 보수재 경화로 손상이 재노출된 것으로 판단되며, 금회 점검결과 보수부 재노출로 손상이 증가하고 있어 손상부에 대한 제거 후 보수(단면보수)가 요구된다.

⑤ 철근노출

철근노출은 일부 구간에서 국부적으로 조사되었으며, 손상 발생 위치 및 형태 등을 고려할 때, 콘크리트 타설시 배근된 철근이 거푸집 방향으로 밀려나면서 피복부족에 의한 손상으로 판단된다. 라이닝 표면에 노출된 철근은 공용 중 이산화탄소 및 결로, 공기 중 수분이 스며들어 철근이 부식되고 피복이 점진적으로 떨어져 나가면서 단면의 결손을 초래할 수 있으므로 손상부에 대한 방청 작업 및 신·구 콘크리트가 일체화 할 수 있는 재료를 선정하여 보수(철근방청+단면보수)를 시행하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

⑥ 마감불량

시공이음 박락이 발생한 부위에 보수처리가 되지 않아 마감불량이 Span. 92, 140에서 관찰되었으며, 손상 부위는 향후 환경적인 요인으로 열화, 박리가 발생할 수 있으므로 표면보수 및 단면보수를 실시하여 유지관리하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

⑦ 단면변화부

본 시설물은 비상주차대 2개소가 설치되어 단면 변화구간이 관찰되고 있으며, 비상주차대 1번은 Span. 54~58, 비상주차대 2번은 Span. 128~132 구간으로 단면 확대로 인한 특이점은 발견되지 않고 일반적인 균열, 망상균열 등이 발생한 것으로 조사되었다.

다. 측벽부

1) 외관조사 결과

측벽부에 대한 외관조사결과, 타일 파손 및 탈락이 일부 구간에서 발생한 것으로 조사되었다.

<표 1.2.5> 측벽부 손상현황

구분	손상 및 열화
	타일 파손 및 탈락
	(EA)
S1	-
S2	-
S3	-
S4	-
S5	-
S6	-
S7	-
S8	-
S9	-
S10	-
S11	-
S12	-
S13	-
S14	-
S15	-
S16	-
S17	-
S18	-
S19	-
S20	-
S21	-
S22	-
S23	-
S24	-
S25	-
S26	-
S27	-
S28	-
S29	-
S30	-

<표 1.2.5> 측벽부 손상현황(계속)

구분	손상 및 열화
	타일 파손 및 탈락
	(EA)
S31	-
S32	-
S33	-
S34	-
S35	-
S36	-
S37	-
S38	-
S39	-
S40	-
S41	-
S42	-
S43	-
S44	-
S45	-
S46	-
S47	-
S48	-
S49	-
S50	-
S51	-
S52	-
S53	-
S54	-
S55	-
S56	-
S57	-
S58	-
S59	-
S60	-

<표 1.2.5> 측벽부 손상현황(계속)

구분	손상 및 열화
	타일 파손 및 탈락
	(EA)
S61	-
S62	-
S63	-
S64	-
S65	-
S66	-
S67	-
S68	-
S69	-
S70	-
S71	-
S72	-
S73	-
S74	-
S75	-
S76	-
S77	-
S78	-
S79	-
S80	-
S81	-
S82	-
S83	-
S84	-
S85	-
S86	-
S87	-
S88	-
S89	-
S90	-

<표 1.2.5> 측벽부 손상현황(계속)

구분	손상 및 열화
	타일 파손 및 탈락
	(EA)
S91	-
S92	-
S93	1
S94	1
S95	-
S96	-
S97	-
S98	-
S99	-
S100	-
S101	-
S102	1
S103	-
S104	-
S105	-
S106	1
S107	-
S108	-
S109	-
S110	-
S111	-
S112	-
S113	1
S114	-
S115	-
S116	-
S117	-
S118	-
S119	1
S120	-

<표 1.2.5> 측벽부 손상현황(계속)

구분	손상 및 열화
	타일 파손 및 탈락
	(EA)
S121	-
S122	1
S123	-
S124	-
S125	-
S126	-
S127	-
S128	-
S129	-
S130	-
S131	-
S132	2
S133	-
S134	2
S135	8
S136	6
S137	3
S138	4
S139	-
S140	-
S141	10
S142	1
S143	14
S144	11
S145	-
S146	-
S147	-
S148	-
S149	-
S150	1

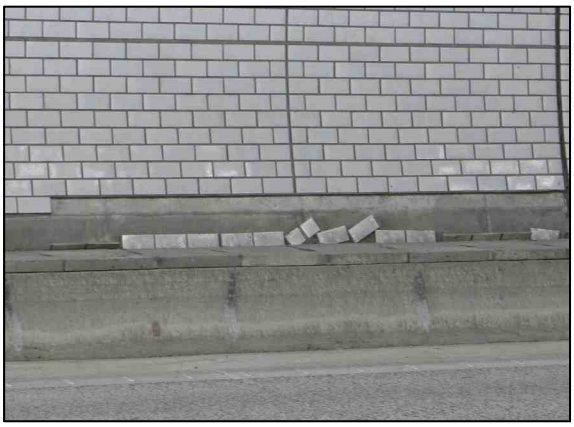
<표 1.2.5> 측벽부 손상현황(계속)

구분	손상 및 열화
	타일 파손 및 탈락
	(EA)
S151	-
S152	-
S153	-
S154	-
S155	-
S156	-
S157	-
S158	1
S159	-
S160	7
S161	-
S162	1
S163	1
S164	-
S165	-
S166	-
S167	-
S168	-
S169	-
S170	-
S171	-
합계	79

a. 측벽부 S106 우측 타일탈락, 파손

b. 측벽부 S113 좌측 타일탈락, 파손

c. 측벽부 S135 좌측 타일탈락, 파손



d. 측벽부 S143 좌측 타일탈락, 파손

e. 측벽부 S143 우측 타일탈락, 파손

f. 측벽부 S158 좌측 타일파손

<사진 1.2.5> 측벽부 손상현황

2) 기 점검·진단 결과와 비교·분석

측벽부에서 조사된 손상 및 결함에 대하여 기 정밀안전점검(2021.08)과 비교결과, 기 조사된 손상부에 대한 보수를 시행하지 않은 것으로 확인되었으며, 금회 점검시 외부 충격 및 온도변화 등에 의해 타일 파손 및 탈락이 추가로 조사되어 손상물량이 증가하고 있는 것으로 검토되었다.

<표 1.2.6> 측벽부 기 점검 결과와의 비교

구 분	결 함 내 용	손상물량		손상물량 비교	단위	증감원인
		이전(2021년) 정밀안전점검	금회(2023년) 정밀안전점검			
측벽부	타일 파손 및 탈락	44	79	⬆ 35	EA	외력, 부착력 저하

3) 검토의견

① 타일 탈락, 파손

본 터널 측벽부에 조사된 타일 탈락 및 파손은 시공이음 주변, 타일 상단 및 하단부에 집중적으로 발생하고 있으며, 이는 공용중 외부 충격 및 온도변화에 따른 신축·터널 내 지속적인 진동·타일 부착력 저하 등의 복합적 요인에 의한 것으로 판단되고 현 상태에서의 보수보다는 주의관찰이 요구된다.

1.2.3 터널 주변시설

가. 갱문

1) 현황

터널 외부의 시·종점부에 시공된 갱문은 터널 본체와의 접속 구조물로서 일반적으로 토피고가 낮으며, 외부환경에 노출되어 있어 주변환경의 영향을 많이 받는 터널의 기본시설물이다.

문수터널(부산)의 갱문은 벨마우스 형식으로 시점 및 종점부에 시공되어 있다.

a. 시점부 갱문(벨마우스식) 전경

b. 종점부 갱문(벨마우스식) 전경

<사진 1.2.6> 갱문 전경

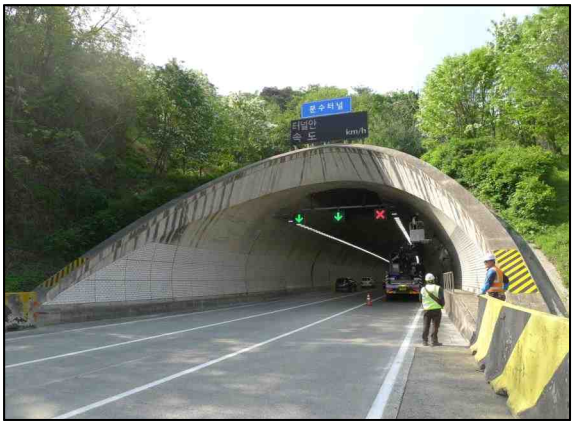
2) 외관조사 결과

갱문 및 본선과의 접속부에 대한 외관조사결과, 구조물에 손상이 발생되지 않은 건전한 상태인 것으로 조사되었다.

<표 1.2.7> 갱문 손상현황

구분	상태양호
시점부	-
종점부	-
합계	-

a. 시점 갱문 상태양호



b. 종점 갱문 상태양호

<사진 1.2.7> 갱문 손상현황

3) 기 점검·진단 결과와 비교·분석

시·종점 갱문에서 조사된 손상 및 결함에 대하여 기 정밀안전점검(2021.08)과 비교결과, 기 점검 및 금회 점검에서 손상이 발생하지 않은 건전한 상태로 조사되어 손상물량의 변동은 없는 것으로 검토되었다.

<표 1.2.8> 갱문 기 점검 결과와의 비교

구 분	결 함 내 용	손상물량		손상물량 비교	단위	증감원인
		이전(2021년) 정밀안전점검	금회(2023년) 정밀안전점검			
갱문	상태양호	-	-	-		-

4) 검토의견

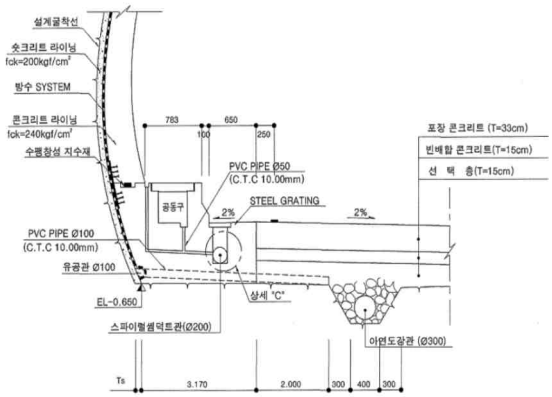
① 갱문 상태양호

시·종점에 시공된 갱문은 특이 손상이 발생되지 않은 건전한 상태이며, 현 상태를 지속할 수 있도록 주기적인 점검을 통한 유지관리가 요구된다.

나. 배수시설

1) 현황

본 터널은 측면 배수방식을 채택한 배수형 터널로서 포장부 좌·우측에는 측구가 시공되어 유수가 지반고가 높은 지점에서 시점 및 종점으로 흐르는 구배 경사를 이루고 일정 간격으로 집수구가 그레이팅 덮개로 설치되어 있다.



a. 배수시설 상세도(측면 배수형)

b. 배수시설 집수구 전경

<사진 1.2.8> 배수시설 전경

2) 외관조사 결과

터널 내부 배수시설에 대한 외관조사결과, 측구에 균열(0.3㎜미만, 0.3㎜이상)이 다수 발생하고 일부 파손이 조사되었으며, 그레이팅이 설치된 집수구의 내부에 이물질이 퇴적된 것으로 확인되었다.

<표 1.2.9> 배수시설 손상현황

구분	균열		손상 및 열화	기타	
	0.3㎜이상	0.3㎜미만	파손	집수구 토사퇴적	그레이팅부식
	(m/EA)	(m/EA)	(㎡/EA)	(EA)	(EA)
S1	9.60 / 11	-	-	-	-
S2	3.60 / 6	3.60 / 6	-	-	-
S3	4.80 / 8	-	-	-	-
S4	1.40 / 3	1.40 / 2	-	2	2
S5	-	1.20 / 2	-	-	-
S6	0.60 / 1	0.60 / 1	-	-	-
S7	-	0.60 / 1	-	-	-
S8	1.20 / 2	0.60 / 1	-	-	-
S9	-	1.80 / 3	-	-	-
S10	-	-	-	2	2
S11	0.60 / 1	0.60 / 1	-	-	-
S12	-	-	-	-	-

<표 1.2.9> 배수시설 손상현황(계속)

구분	균열		손상 및 열화	기타	
	0.3㎜이상	0.3㎜미만	파손	집수구 토사퇴적	그레이팅부식
	(m/EA)	(m/EA)	(㎡/EA)	(EA)	(EA)
S13	-	0.60 / 1	-	-	-
S14	-	1.20 / 2	-	-	-
S15	-	-	-	-	-
S16	-	0.30 / 1	-	2	2
S17	0.60 / 1	-	-	-	-
S18	-	1.80 / 3	-	-	-
S19	-	-	-	-	-
S20	-	-	-	-	-
S21	0.60 / 1	-	-	2	2
S22	-	0.60 / 1	-	-	-
S23	0.60 / 1	-	-	-	-
S24	0.60 / 1	-	-	-	-
S25	0.60 / 1	0.60 / 1	-	-	-
S26	1.20 / 2	-	-	-	-
S27	-	0.20 / 1	-	2	2
S28	-	-	-	-	-
S29	-	1.80 / 3	-	-	-
S30	0.60 / 1	-	-	-	-
S31	0.60 / 1	1.20 / 2	-	-	-
S32	-	-	-	2	2
S33	-	0.60 / 1	-	-	-
S34	-	1.20 / 2	-	-	-
S35	1.80 / 3	-	-	-	-
S36	0.60 / 1	-	-	-	-
S37	0.60 / 1	1.20 / 2	-	-	-
S38	-	0.40 / 2	-	2	2
S39	-	1.20 / 2	-	-	-
S40	0.60 / 1	0.60 / 1	-	-	-
S41	-	1.20 / 2	-	-	-
S42	-	1.20 / 2	-	-	-
S43	-	1.20 / 2	-	-	-
S44	1.20 / 2	-	-	2	2
S45	-	0.60 / 1	-	-	-

<표 1.2.9> 배수시설 손상현황(계속)

구분	균열		손상 및 열화	기타	
	0.3㎜이상	0.3㎜미만	파손	집수구 토사퇴적	그레이팅부식
	(m/EA)	(m/EA)	(㎡/EA)	(EA)	(EA)
S46	-	0.60 / 1	-	-	-
S47	-	1.80 / 3	-	-	-
S48	0.60 / 1	-	0.03 / 1	-	-
S49	0.60 / 1	-	-	2	2
S50	-	0.60 / 1	-	-	-
S51	0.60 / 1	-	-	-	-
S52	-	-	-	-	-
S53	-	0.60 / 2	-	-	-
S54	-	-	-	-	-
S55	-	5.00 / 1	-	1	2
S56	-	-	-	-	-
S57	0.60 / 1	-	-	-	-
S58	-	0.60 / 1	-	-	-
S59	1.20 / 2	-	-	-	-
S60	0.60 / 1	0.60 / 1	-	-	-
S61	0.60 / 1	0.60 / 1	-	-	-
S62	-	-	-	2	2
S63	-	-	-	-	-
S64	-	-	-	-	-
S65	-	0.60 / 1	-	-	-
S66	-	0.60 / 1	-	-	-
S67	-	0.60 / 1	-	-	-
S68	-	1.20 / 2	-	2	2
S69	-	-	-	-	-
S70	-	-	-	-	-
S71	-	-	-	-	-
S72	-	0.50 / 1	-	-	-
S73	0.30 / 1	-	-	2	2
S74	1.20 / 2	-	-	-	-
S75	-	0.60 / 1	-	-	-
S76	-	0.60 / 1	-	-	-
S77	0.60 / 1	-	-	-	-
S78	-	-	-	-	-

<표 1.2.9> 배수시설 손상현황(계속)

구분	균열		손상 및 열화	기타	
	0.3㎜이상	0.3㎜미만	파손	집수구 토사퇴적	그레이팅부식
	(m/EA)	(m/EA)	(㎡/EA)	(EA)	(EA)
S79	-	0.60 / 1	-	2	2
S80	-	-	-	-	-
S81	-	-	-	-	-
S82	-	-	-	-	-
S83	-	-	-	-	-
S84	-	-	-	2	2
S85	-	-	-	-	-
S86	-	-	-	-	-
S87	-	-	-	-	-
S88	-	0.60 / 1	-	-	-
S89	1.20 / 2	-	-	-	-
S90	-	0.80 / 2	-	2	2
S91	0.60 / 1	-	-	-	-
S92	0.60 / 1	-	-	-	-
S93	0.80 / 1	-	-	-	-
S94	-	-	-	-	-
S95	0.60 / 1	1.20 / 2	-	-	-
S96	0.60 / 1	-	-	2	2
S97	0.60 / 1	-	-	-	-
S98	0.60 / 1	1.20 / 2	-	-	-
S99	-	0.60 / 1	-	-	-
S100	-	0.60 / 1	-	-	-
S101	-	0.60 / 1	-	2	2
S102	0.60 / 1	0.60 / 1	-	-	-
S103	-	0.60 / 1	-	-	-
S104	-	1.20 / 2	-	-	-
S105	-	-	-	-	-
S106	0.60 / 1	-	-	-	-
S107	-	-	-	2	2
S108	1.20 / 2	-	-	-	-
S109	-	-	-	-	-
S110	1.20 / 2	-	-	-	-
S111	-	-	-	-	-

<표 1.2.9> 배수시설 손상현황(계속)

구분	균열		손상 및 열화	기타	
	0.3㎜이상	0.3㎜미만	파손	집수구 토사퇴적	그레이팅부식
	(m/EA)	(m/EA)	(㎡/EA)	(EA)	(EA)
S112	-	-	-	2	2
S113	-	0.60 / 1	-	-	-
S114	0.60 / 1	-	0.02 / 1	-	-
S115	-	1.20 / 2	-	-	-
S116	-	-	-	-	-
S117	-	-	-	-	-
S118	-	-	-	2	1
S119	-	-	-	-	-
S120	-	-	-	-	-
S121	-	-	-	-	-
S122	-	-	-	-	-
S123	-	-	-	2	2
S124	-	-	-	-	-
S125	-	-	-	-	-
S126	-	-	-	-	-
S127	-	-	-	-	-
S128	-	-	-	-	-
S129	-	-	-	-	-
S130	-	-	-	2	-
S131	-	-	-	-	-
S132	-	-	-	-	-
S133	-	-	-	-	-
S134	-	-	-	-	-
S135	-	-	-	2	2
S136	-	-	-	-	-
S137	-	-	0.15 / 1	-	-
S138	-	0.60 / 1	-	-	-
S139	-	-	-	-	-
S140	-	-	-	-	-
S141	-	-	-	2	2
S142	-	-	-	-	-
S143	-	0.60 / 1	-	-	-
S144	-	-	-	-	-

<표 1.2.9> 배수시설 손상현황(계속)

구분	균열		손상 및 열화	기타	
	0.3㎜이상	0.3㎜미만	파손	집수구 토사퇴적	그레이팅부식
	(m/EA)	(m/EA)	(㎡/EA)	(EA)	(EA)
S145	-	-	-	-	-
S146	-	-	0.28 / 2	2	1
S147	-	-	-	-	-
S148	-	-	-	-	-
S149	-	-	-	-	-
S150	-	-	-	-	-
S151	-	-	-	-	-
S152	-	-	-	2	1
S153	-	-	-	-	-
S154	-	-	-	-	-
S155	-	-	-	-	-
S156	-	-	-	-	-
S157	-	-	-	-	-
S158	-	-	-	2	1
S159	-	-	-	-	-
S160	-	-	-	-	-
S161	-	-	-	-	-
S162	-	-	-	-	-
S163	-	-	-	1	1
S164	-	-	-	-	-
S165	-	0.60 / 1	-	-	-
S166	-	-	-	-	-
S167	-	-	-	-	-
S168	-	0.60 / 1	-	-	-
S169	-	-	-	1	1
S170	-	-	-	-	-
S171	-	-	-	-	-
합계	48.70/77	56.00/90	0.48 / 5	57	52

a. 측구 S89 균열(0.3㎜이상)

b. 측구 S95 균열(0.3㎜이상)

c. 측구 S137 파손

d. 측구 S146 파손

e. 집수구 S4 이물질 퇴적, 그레이팅 부식

f. 집수구 S38 이물질 퇴적, 그레이팅 부식

g. 집수구 S84 이물질 퇴적, 그레이팅 부식

h. 집수구 S123 이물질 퇴적, 그레이팅 부식

<사진 1.2.9> 배수시설 손상현황

3) 기 점검·진단 결과와 비교·분석

터널 내부 배수시설에서 조사된 손상 및 결함에 대하여 기 정밀안전점검(2021.08)과 비교결과, 측구 균열(0.3㎜미만, 0.3㎜이상), 집수구 이물질퇴적, 그레이팅 부식 등이 추가로 조사되어 손상물량이 전반적으로 증가하고 있으며, 측구 파손은 이전 정밀안전점검에서 손상물량집계 오류로 인해 손상물량이 감소한 것으로 검토되었다.

<표 1.2.10> 배수시설 기 점검 결과와의 비교

구 분	결 함 내 용	손상물량		손상물량 비교	단위	증감원인
		이전(2021년) 정밀안전점검	금회(2023년) 정밀안전점검			
배수시설	균열(0.3㎜이상)	43.30	48.70	↑ 5.40	m	건조수축
	균열(0.3㎜미만)	50.80	56.00	↑ 5.20	m	건조수축
	파손	0.60	0.48	↓ 0.12	㎡	기 물량산출 오류
	집수구 이물질퇴적	55	57	↑ 2	EA	환경적인 요인
	그레이팅 부식	50	52	↑ 2	EA	공용기간 증가

4) 검토의견

① 측구 균열(0.3㎜미만, 0.3㎜이상)

측구에서 조사된 균열은 콘크리트 경화시 수축과 구속의 영향으로 공동구에서 횡방향으로 발생하고 있으며, 점검일 현재 균열폭은 대부분 Cw=0.1~0.3㎜의 균열로서 주의관찰이 요구되고 향후 포장부 보수시에 일괄적으로 보수하는 것이 효율적일 것으로 판단된다.

② 측구 파손

측구 파손은 포장부와의 경계인 횡방향 시공줄눈 주변에서 발생하였으며, 이는 공용중 시·종점에서 유입되는 유수에 의한 동결융해작용 및 외부충격에 의한 손상으로 판단된다. 금회 조사된 파손은 방치시 손상이 심화될 것으로 예상되어 손상부에 대한 단면보수를 시행하여 유지관리하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

③ 집수구 이물질퇴적, 그레이팅 부식

집수구 상면에 설치된 그레이팅은 공용기간이 증가하면서 노후화로 인해 일부 부식이 발생하고 있으나, 점검일 현재 보수가 필요한 상태는 아니므로 주기적인 점검을 통한 보수여부를 결정하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

또한, 배수시설 내부는 환경적인 요인 등의 영향으로 이물질 및 토사가 퇴적되고 있는 것으로 조사되었으며, 배수시설 내부에 이물질이 지속적으로 유입될 시 배수 기능상실이 우려되므로 원활한 배수처리를 위해 주기적인 준설 및 청소가 요구된다.

다. 공동구

1) 현황

본 터널의 공동구는 좌·우측에 시공되어 있으며, 공동구 내의 수용시설 보호 및 터널의 유지관상 편의를 위하여 공동구 상부에는 콘크리트 덮개가 설치되어 있다.

a. 공동구 전경

b. 공동구 덮개 설치현황

<사진 1.2.10> 공동구 전경

2) 외관조사 결과

공동구에 대한 외관조사결과, 측면에 균열(0.3㎜미만, 0.3㎜이상)이 다수 발생하고 있으며, 일부 측면 파손 및 박락, 철근노출, 덮개 파손이 조사되었다.

<표 1.2.11> 공동구 손상현황

구분	균열			손상 및 열화			
	0.3㎜이상	0.3㎜미만	망상균열	철근노출	긁힘, 파손	들뜸, 박락	덮개 파손
	(m/EA)	(m/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)	(EA)
S1	0.80 / 1	4.80 / 7	-	-	-	-	-
S2	0.20 / 1	4.20 / 4	-	-	-	-	-
S3	0.60 / 2	4.60 / 5	-	-	-	-	-
S4	-	1.00 / 1	1.20 / 1	-	-	-	-
S5	-	-	2.00 / 1	-	-	-	5
S6	0.30 / 1	2.00 / 2	-	-	-	-	-
S7		3.20 / 6	-	-	-	-	-
S8	0.10 / 1	2.00 / 2	-	-	-	-	-
S9	2.40 / 2	-	-	-	0.05 / 1	-	-
S10	-	2.00 / 2	-	-	0.02 / 1	-	-
S11	-	2.00 / 2	-	-	0.02 / 1	-	-
S12	2.40 / 2	1.50 / 2	-	-	0.03 / 1	-	1

<표 1.2.11> 공동구 손상현황(계속)

구분	균열			손상 및 열화			
	0.3㎜이상	0.3㎜미만	망상균열	철근노출	긁힘, 파손	들뜸, 박락	덮개 파손
	(m/EA)	(m/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)	(EA)
S13	2.40 / 2	0.50 / 1	-	-	-	-	-
S14	0.30 / 1	3.20 / 5	-	-	-	-	-
S15	-	4.50 / 6	-	-	-	-	-
S16	0.30 / 1	2.00 / 2	-	-	0.12 / 1	-	1
S17	0.30 / 1	4.10 / 6	-	-	-	-	-
S18	0.30 / 1	5.00 / 7	-	-	-	-	-
S19	0.30 / 1	3.00 / 3	-	-	0.01 / 1	-	-
S20	0.30 / 1	3.60 / 4	-	-	-	-	-
S21	0.40 / 1	2.50 / 3	-	-	0.12 / 1	-	-
S22	-	2.00 / 2	-	-	-	-	1
S23	0.50 / 2	3.80 / 5	-	-	-	-	-
S24	-	2.30 / 3	-	-	-	-	-
S25	2.90 / 3	-	-	-	-	-	-
S26	1.80 / 3	-	-	-	-	-	1
S27	-	2.00 / 2	-	-	-	-	1
S28	-	2.00 / 2	-	-	-	-	-
S29	1.00 / 1	2.20 / 3	-	-	-	-	1
S30	1.20 / 1	2.00 / 2	-	-	-	-	-
S31	0.80 / 1	2.00 / 2	-	-	-	-	2
S32	1.20 / 1	3.30 / 5	-	-	-	-	-
S33	-	3.00 / 4	-	-	-	-	-
S34	-	2.50 / 3	-	-	-	-	-
S35	-	3.60 / 5	-	-	0.01 / 1	-	-
S36	-	2.00 / 2	-	-	-	-	1
S37	-	3.00 / 3	-	-	0.05 / 2	-	-
S38	-	3.20 / 5	-	-	-	-	-
S39	-	5.00 / 7	-	-	-	-	-
S40	-	3.50 / 4	-	-	-	-	-
S41	0.70 / 1	4.00 / 5	-	-	0.02 / 1	-	-
S42	-	4.20 / 6	-	-	-	-	-
S43	1.00 / 1	1.50 / 2	-	-	-	-	-
S44	2.00 / 2	0.50 / 1	-	-	-	-	-

<표 1.2.11> 공동구 손상현황(계속)

구분	균열			손상 및 열화			
	0.3㎜이상	0.3㎜미만	망상균열	철근노출	긁힘, 파손	들뜸, 박락	덮개 파손
	(m/EA)	(m/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)	(EA)
S45	-	4.00 / 5	-	-	-	-	-
S46	-	2.00 / 2	-	-	-	-	1
S47	-	4.50 / 6	-	-	-	-	-
S48	-	3.00 / 4	-	-	0.06 / 1	-	-
S49	-	4.00 / 5	-	-	-	-	-
S50	-	4.20 / 6	-	-	0.03 / 1	-	-
S51	-	3.00 / 3	-	-	0.17 / 2	-	1
S52	-	1.00 / 1	-	-	-	-	-
S53	-	2.00 / 2	-	-	0.10 / 1	-	-
S54	-	3.00 / 3	-	-	-	-	-
S55	0.60 / 1	1.20 / 1	-	-	-	-	-
S56	-	0.30 / 1	-	-	-	-	-
S57	-	2.00 / 2	-	-	0.02 / 1	-	-
S58	1.20 / 1	2.00 / 2	-	-	-	-	-
S59	1.20 / 1	-	-	-	0.03 / 1	-	-
S60	-	1.00 / 1	-	-	-	-	-
S61	-	2.00 / 2	-	-	-	-	-
S62	-	2.30 / 4	-	-	0.03 / 1	-	-
S63	-	2.20 / 3	-	-	-	-	-
S64	-	2.50 / 3	-	-	0.06 / 2	-	-
S65	-	3.00 / 4	-	-	-	-	2
S66	-	2.80 / 4	-	-	-	-	-
S67	-	2.00 / 2	-	-	-	-	1
S68	-	4.00 / 4	-	-	-	-	-
S69	-	2.00 / 2	-	-	-	-	-
S70	-	2.00 / 2	-	-	0.02 / 1	-	-
S71	-	3.20 / 5	-	-	-	-	-
S72	-	2.00 / 2	-	-	0.02 / 1	-	1
S73	1.40 / 2	2.00 / 2	-	-	-	-	-
S74	0.80 / 3	2.50 / 3	-	-	-	-	-
S75	-	2.00 / 2	-	-	0.04 / 1	-	-
S76	-	2.00 / 2	-	-	-	-	6

<표 1.2.11> 공동구 손상현황(계속)

구분	균열			손상 및 열화			
	0.3㎜이상	0.3㎜미만	망상균열	철근노출	긁힘, 파손	들뜸, 박락	덮개 파손
	(m/EA)	(m/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)	(EA)
S77	1.50 / 2	2.60 / 3	-	0.75 / 1	-	-	4
S78	-	3.00 / 3	-	-	-	-	-
S79	-	2.40 / 3	-	-	0.04 / 2	-	-
S80	0.50 / 1	3.00 / 3	-	-	-	-	-
S81	-	2.00 / 2	-	-	-	0.02 / 1	-
S82	-	2.00 / 2	-	-	0.04 / 1	-	1
S83	-	3.00 / 3	-	-	-	-	-
S84	-	2.00 / 2	-	-	0.02 / 1	-	1
S85	-	0.50 / 1	-	-	-	-	-
S86	-	-	-	-	-	-	-
S87	-	-	-	-	-	-	1
S88	-	0.60 / 1	-	-	-	-	-
S89	-	-	-	-	-	-	-
S90	-	-	-	-	-	-	2
S91	-	-	-	-	-	-	-
S92	0.50 / 1	-	-	-	-	-	-
S93	0.40 / 1	1.00 / 1	-	-	-	-	-
S94	0.50 / 1	-	-	-	-	-	-
S95	-	0.60 / 1	-	-	-	-	-
S96	-	-	-	-	-	-	-
S97	-	-	-	-	-	-	1
S98	-	-	-	-	-	-	1
S99	-	-	-	-	-	-	-
S100	-	-	-	-	-	-	-
S101	-	-	-	-	-	-	-
S102	-	-	-	-	-	-	-
S103	-	0.70 / 1	-	-	-	-	-
S104	-	-	-	-	-	-	-
S105	-	-	-	-	-	-	1
S106	-	-	-	-	-	-	-
S107	-	-	-	-	-	-	-
S108	-	-	-	-	-	-	-

<표 1.2.11> 공동구 손상현황(계속)

구분	균열			손상 및 열화			
	0.3㎜이상	0.3㎜미만	망상균열	철근노출	긁힘, 파손	들뜸, 박락	덮개 파손
	(m/EA)	(m/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)	(EA)
S109	-	-	-	-	-	-	2
S110	-	-	-	-	-	-	1
S111	-	0.70 / 2	-	-	-	-	1
S112	-	-	-	-	-	-	3
S113	0.60 / 1	-	-	-	-	-	1
S114	-	-	-	-	-	-	1
S115	-	-	-	-	-	-	-
S116	-	-	-	-	-	-	-
S117	-	-	-	-	0.09 / 2	-	-
S118	0.50 / 1	-	-	-	-	-	-
S119	0.50 / 1	-	-	-	-	-	-
S120	-	-	-	-	-	-	-
S121	-	-	-	-	-	-	-
S122	-	-	-	-	-	-	-
S123	-	-	-	-	-	-	-
S124	-	-	-	-	-	-	-
S125	0.30 / 1	-	-	-	-	-	-
S126	-	1.00 / 1	-	-	-	-	-
S127	-	-	-	-	-	-	-
S128	2.00 / 1	-	-	-	-	-	2
S129	-	-	-	-	-	-	-
S130	-	-	-	-	-	-	-
S131	-	1.00 / 1	-	-	-	-	-
S132	0.30 / 1	0.30 / 1	-	-	-	-	-
S133	-	-	-	-	0.01 / 1	-	1
S134	-	-	-	-	-	-	-
S135	-	1.00 / 1	-	-	-	-	-
S136	-	-	-	-	-	-	-
S137	-	-	-	-	-	-	-
S138	-	-	-	-	-	-	-
S139	-	-	-	-	-	-	-
S140	-	-	-	-	-	-	-

<표 1.2.11> 공동구 손상현황(계속)

구분	균열			손상 및 열화			
	0.3㎜이상	0.3㎜미만	망상균열	철근노출	긁힘, 파손	들뜸, 박락	덮개 파손
	(m/EA)	(m/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)	(EA)
S141	-	-	-	-	-	-	-
S142	-	1.00 / 1	-	-	-	-	1
S143	-	-	-	-	-	-	-
S144	-	1.00 / 1	-	-	-	-	-
S145	-	1.00 / 1	-	-	0.63 / 2	-	1
S146	-	-	-	-	-	-	-
S147	-	-	-	-	-	-	2
S148	-	-	-	-	-	-	4
S149	-	-	-	-	-	-	-
S150	-	1.00 / 1	-	-	-	-	-
S151	-	-	-	-	-	-	-
S152	-	-	-	-	-	-	-
S153	-	1.00 / 1	-	-	-	-	-
S154	-	-	-	-	-	0.30 / 1	-
S155	-	1.60 / 1	-	-	-	-	-
S156	-	-	-	-	-	-	-
S157	-	-	-	-	-	-	-
S158	-	-	-	-	-	-	-
S159	-	-	-	-	-	-	1
S160	-	-	-	-	-	-	-
S161	-	-	-	-	-	-	1
S162	-	2.00 / 2	-	-	-	-	-
S163	-	1.00 / 1	-	-	-	-	1
S164	-	-	-	-	-	-	-
S165	-	1.00 / 1	-	-	-	-	1
S166	-	-	-	-	-	-	-
S167	-	-	-	-	0.04 / 1	-	-
S168	-	-	-	-	-	-	-
S169	-	-	-	-	-	-	-
S170	-	0.50 / 1	-	-	-	-	-
S171	-	1.20 / 1	-	-	-	-	-
합계	37.30/55	228.70/277	3.20 / 2	0.75 / 1	1.90 / 33	0.32 / 2	62

a. 공동구 S16 측면 균열(0.3㎜미만)

b. 공동구 S31 좌측 덮개 파손

c. 공동구 S46 좌측 덮개 파손

d. 공동구 S48 좌측 파손

e. 공동구 S74 측면 균열(0.3㎜이상)

f. 공동구 S77 측면 파손, 철근노출

g. 공동구 S159 좌측 덮개 탈락(유실)

h. 공동구 S170 측면 균열(0.3㎜미만)

<사진 1.2.11> 공동구 손상현황

3) 기 점검·진단 결과와 비교·분석

공동구에서 조사된 손상 및 결함에 대하여 기 정밀안전점검(2021.08)과 비교결과, 균열(0.3㎜미만) 및 망상균열, 파손, 덮개 파손이 추가로 조사되어 전반적으로 손상물량이 증가하고 있으며, 기 조사된 균열(0.3㎜이상)은 현장점검시 보수흔적이 확인되지 않고, 보고서 및 외관조사망도 검토결과 손상물량 산출오류인 것으로 판단된다. 기타, 손상은 물량 변동이 없는 것으로 검토되었다.

<표 1.2.12> 공동구 기 점검 결과와의 비교

구 분	결 함 내 용	손상물량		손상물량 비교	단위	증감원인
		이전(2021년) 정밀안전점검	금회(2023년) 정밀안전점검			
공동구	균열(0.3㎜이상)	58.10	37.30	⬇ 20.80	m	기 물량산출 오류
	균열(0.3㎜미만)	221.20	228.70	⬆ 7.50	m	건조수축
	망상균열	1.20	3.20	⬆ 2.00	㎡	건조수축
	철근노출	0.75	0.75	-	㎡	-
	긁힘, 파손	1.81	1.90	⬆ 0.09	㎡	외부 충격
	들뜸, 박락	0.32	0.32	-	㎡	-
	덮개 파손	55	62	⬆ 7	EA	외부 충격

4) 검토의견

① 균열(0.3㎜미만, 0.3㎜이상)

공동구 측면에서 다수 조사된 균열은 콘크리트 경화시 수축과 구속의 영향으로 수직방향으로 발생하고 있으며, 점검일 현재 균열폭은 대부분 Cw=0.1~0.3㎜ 이하의 비진행성 균열로 판단되고 균열폭 Cw=0.3㎜ 이상의 균열에 대해서는 주입보수를 실시하여 유지관리하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

② 파손, 철근노출

공동구 측면에서 발생한 파손 및 철근노출은 주행차량의 추돌에 의한 손상으로 판단되며, 손상면적은 적지만 내구성 저하 방지를 위해 손상부에 대한 단면보수를 시행하여 유지관리하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

③ 덮개 파손

공동구의 덮개에서 조사된 파손은 덮개판 설치시 충격 및 공용중 외력에 의한 손상으로 판단되며, 유지관리시 점검자 및 관리자의 안전사고 발생 위험을 내재하고 있어 손상부에 대한 덮개 재설치가 요구된다.

라. 포장부

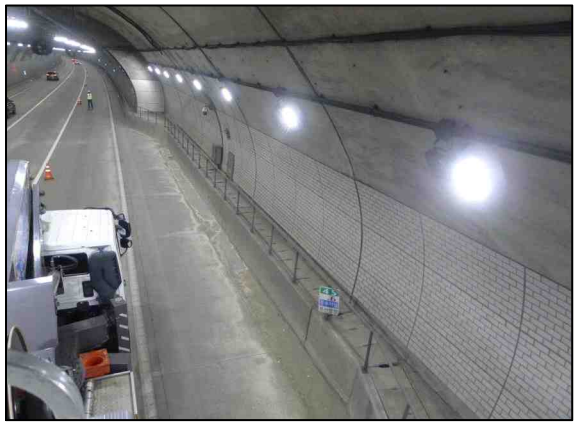
1) 현황

본 터널의 포장부는 주행차량의 안전운행 및 쾌적한 주행성을 제공하는 부재로 콘크리트 포장이 시공되어 있으며, 줄눈은 일정 간격으로 횡방향 및 종방향으로 설치되어 있다.

또한, 포장부의 설계도면 검토결과, 선택층(동상방지층) 150㎜, 빈배합 콘크리트 150㎜, 콘크리트 포장 330㎜의 두께, 0.5%의 종단구배를 형성하는 것으로 검토되었다.

단면이 변화는 구간 Span. 54~58 및 Span. 128~132에 비상주차대가 설치되어 있다.

a. 포장부 전경



b. 단면변화 구간(S128~132) 비상주차대 전경

<사진 1.2.12> 포장부 전경

2) 외관조사 결과

포장부에 대한 외관조사결과, 포장 균열 및 망상균열, 마모, 파손, 패임, 재료분리가 발생하고 있는 것으로 조사되었다.

<표 1.2.13> 포장부 손상현황

구분	포장균열	망상균열	마모	파손, 패임	재료분리
	(m/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)
S1	9.00 / 9	18.00 / 2	18.00 / 2	-	-
S2	9.00 / 9	18.00 / 2	18.00 / 2	-	-
S3	9.00 / 9	18.00 / 2	18.00 / 2	-	-
S4	9.00 / 9	18.00 / 2	18.00 / 2	-	-
S5	9.00 / 9	18.00 / 2	18.00 / 2	-	-
S6	9.00 / 9	18.00 / 2	18.00 / 2	-	-
S7	9.00 / 9	18.00 / 2	18.00 / 2	-	-
S8	9.00 / 9	18.00 / 2	18.00 / 2	0.01 / 1	-
S9	9.00 / 9	-	-	-	-
S10	9.00 / 9	-	-	-	-
S11	9.00 / 9	-	-	-	-
S12	9.00 / 9	-	-	-	-

<표 1.2.13> 포장부 손상현황(계속)

구분	포장균열	망상균열	마모	파손, 패임	재료분리
	(m/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)
S13	9.00 / 9	-	-	-	-
S14	7.00 / 1	-	-	-	-
S15	-	-	-	-	-
S16	-	-	-	-	-
S17	8.00 / 8	-	-	-	-
S18	10.00 / 10	-	-	-	-
S19	9.00 / 9	-	-	0.25 / 1	-
S20	-	-	-	3.52 / 2	-
S21	-	-	-	-	-
S22	-	-	-	-	-
S23	-	-	-	-	-
S24	-	-	-	-	-
S25	-	-	-	-	-
S26	-	-	-	-	-
S27	2.00 / 1	-	-	-	-
S28	-	-	-	-	-
S29	-	-	-	-	-
S30	-	-	-	-	-
S31	-	-	-	-	-
S32	-	-	-	-	-
S33	-	-	-	-	-
S34	-	-	-	0.05 / 1	-
S35	-	-	-	-	-
S36	-	-	-	-	-
S37	-	-	-	-	-
S38	-	-	-	-	-
S39	-	-	-	-	-
S40	-	-	-	-	-
S41	-	-	-	-	-
S42	-	-	-	-	-
S43	-	-	-	-	-
S44	-	-	-	-	-

<표 1.2.13> 포장부 손상현황(계속)

구분	포장균열	망상균열	마모	파손, 패임	재료분리
	(m/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)
S45	-	-	-	0.03 / 2	-
S46	-	-	-	-	-
S47	-	-	-	-	-
S48	-	-	-	-	-
S49	-	-	-	-	-
S50	-	-	-	0.04 / 2	-
S51	-	-	-	0.01 / 1	-
S52	-	-	-	-	-
S53	-	-	-	-	-
S54	-	-	-	-	-
S55	-	-	-	-	-
S56	-	-	-	0.18 / 1	-
S57	-	-	-	-	-
S58	-	-	-	-	-
S59	-	-	-	-	-
S60	-	-	-	-	-
S61	-	-	-	-	-
S62	-	-	-	-	-
S63	-	-	-	-	-
S64	-	-	-	-	-
S65	-	-	-	-	-
S66	-	-	-	-	-
S67	-	-	-	0.04 / 1	-
S68	-	-	-	-	-
S69	-	-	-	-	-
S70	-	-	-	-	-
S71	-	-	-	0.01 / 1	-
S72	-	-	-	-	-
S73	-	-	-	-	-
S74	-	-	-	-	-
S75	-	-	-	-	-
S76	-	-	-	-	-

<표 1.2.13> 포장부 손상현황(계속)

구분	포장균열	망상균열	마모	파손, 패임	재료분리
	(m/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)
S77	-	-	-	-	-
S78	-	-	-	-	-
S79	-	-	-	-	-
S80	-	-	-	-	-
S81	2.00 / 1	-	-	-	-
S82	-	-	-	-	-
S83	-	-	-	-	-
S84	-	-	-	-	-
S85	2.00 / 2	-	-	-	0.20 / 1
S86	-	-	-	-	-
S87	-	-	-	-	-
S88	-	-	-	-	-
S89	-	-	-	-	-
S90	-	-	-	-	-
S91	-	-	-	0.04 / 1	-
S92	-	-	-	-	-
S93	-	-	-	-	-
S94	-	-	-	-	-
S95	-	-	-	-	-
S96	-	-	-	-	-
S97	-	-	-	-	-
S98	-	-	-	-	-
S99	-	-	-	0.06 / 1	-
S100	-	-	-	-	-
S101	-	-	-	-	-
S102	-	-	-	-	-
S103	-	-	-	-	-
S104	-	-	-	-	-
S105	-	-	-	0.01 / 1	-
S106	-	-	-	-	-
S107	-	-	-	-	-
S108	-	-	-	-	-

<표 1.2.13> 포장부 손상현황(계속)

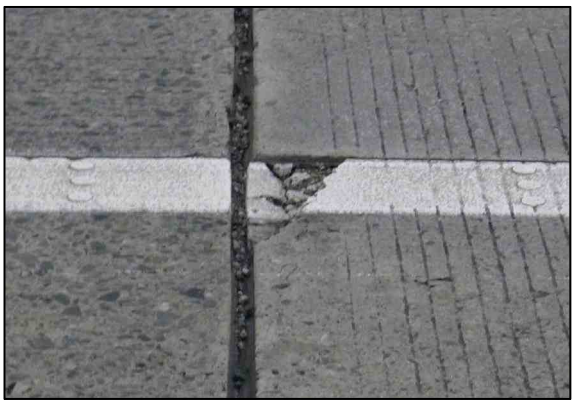
구분	포장균열	망상균열	마모	파손, 패임	재료분리
	(m/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)
S109	-	-	-	-	-
S110	-	-	-	-	-
S111	-	-	-	-	-
S112	-	-	-	-	-
S113	-	-	-	-	-
S114	-	-	-	-	-
S115	-	-	-	-	-
S116	-	-	-	-	-
S117	-	-	-	-	-
S118	-	-	-	-	-
S119	-	-	-	-	-
S120	-	-	-	-	-
S121	-	-	-	-	-
S122	-	-	-	-	-
S123	-	-	-	-	-
S124	-	-	-	0.02 / 1	-
S125	-	-	-	-	-
S126	-	-	-	-	-
S127	-	-	-	-	-
S128	-	-	-	-	-
S129	-	-	-	-	-
S130	3.50 / 1	-	-	-	-
S131	-	-	-	-	-
S132	-	-	-	-	-
S133	-	-	-	-	-
S134	-	-	-	-	-
S135	-	-	-	-	-
S136	-	-	-	-	-
S137	-	-	-	-	-
S138	-	-	-	0.02 / 2	-
S139	-	-	-	-	-
S140	3.50 / 1	-	-	-	-

<표 1.2.13> 포장부 손상현황(계속)

구분	포장균열	망상균열	마모	파손, 패임	재료분리
	(m/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)	(㎡/EA)
S141	-	-	-	-	-
S142	-	-	-	0.20 / 1	-
S143	-	-	-	-	-
S144	-	-	-	0.05 / 1	-
S145	-	-	-	-	-
S146	7.00 / 2	-	-	-	-
S147	-	-	-	-	-
S148	-	-	-	-	-
S149	-	-	-	0.25 / 1	-
S150	-	-	-	-	-
S151	-	-	-	-	-
S152	-	-	-	0.55 / 5	-
S153	-	-	-	0.13 / 2	-
S154	3.50 / 1	-	-	0.23 / 5	-
S155	-	-	-	0.25 / 1	-
S156	3.00 / 1	-	-	-	-
S157	-	-	-	0.05 / 1	-
S158	-	-	-	-	-
S159	7.00 / 2	-	-	-	-
S160	-	-	-	0.05 / 1	-
S161	-	-	-	-	-
S162	-	-	-	-	-
S163	3.00 / 1	-	-	-	-
S164	-	-	-	-	-
S165	-	-	-	-	-
S166	-	-	-	-	-
S167	-	-	-	-	-
S168	-	-	-	0.02 / 2	-
S169	3.00 / 1	-	-	0.04 / 2	-
S170	-	-	-	-	-
S171	-	-	-	-	-
합계	190.50 / 159	144.00 / 16	144.00 / 16	6.11 / 41	0.20 / 1

a. 포장부 S20 파손, 패임

b. 포장부 S45 줄눈 주변 파손



c. 포장부 S51 줄눈 주변 파손

d. 포장부 S85 균열

e. 포장부 S130 균열

f. 포장부 S140 균열

g. 포장부 S156 균열

h. 포장부 S169 파손

<사진 1.2.13> 포장부 손상현황

3) 기 점검·진단 결과와 비교·분석

포장부에서 조사된 손상 및 결함에 대하여 기 정밀안전점검(2021.08)과 비교결과, 시점측(S1~8)에서 포장균열 및 망상균열, 마모가 이전 손상물량에 비해 많이 증가하고 있는 것으로 검토되었으며, 이는 반복적인 차량윤하중재하 및 공용증가로 인한 노후화, 이전 점검자가 미처 확인하지 못한 손상 누락 등의 요인에 의한 것으로 판단된다.

또한, 포장 패임 및 파손, 재료분리는 현장조사에서 보수흔적은 확인되지 않았으며, 이전 보고서 및 외관조사망도 검토결과 손상물량 산출 오류로 감소한 것으로 판단된다.

<표 1.2.14> 포장부 기 점검 결과와의 비교

구 분	결 함 내 용	손상물량		손상물량 비교	단위	증감원인
		이전(2021년) 정밀안전점검	금회(2023년) 정밀안전점검			
포장부	포장균열	26.50	190.50	↑ 164.00	m	차량윤하중재하
	망상균열	-	144.00	↑ 144.00	㎡	차량윤하중재하
	포장 마모	-	144.00	↑ 144.00	㎡	염화칼슘, 동결융해
	포장 패임, 파손	17.10	6.11	↓ 10.99	㎡	기 물량산출 오류
	재료분리	0.60	0.20	↓ 0.40	㎡	기 물량산출 오류

4) 검토의견

① 포장 균열, 망상균열

포장부에서 조사된 균열 및 망상균열은 건조수축 및 온도변화, 공용중 반복적인 차량윤하중 재하 등의 요인에 의한 손상으로 판단되며, 망상균열이 시점(S1~8)에서 집중적으로 조사되었으나, 손상정도는 미미하여 주행에 영향이 없는 상태로 보여진다. 차후 안전점검에서 다른 구간에 손상이 다수 증가시 전체적인 보수 계획을 수립하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

② 포장 마모

포장마모는 Span. 1~8 구간의 3차선에서 발생하고 있으며, 조사된 손상은 동절기에 염화칼슘이나 소금 등의 동결방지제를 살포함에 따라 콘크리트가 화학적으로 부식되거나 동결융해의 반복, 대형차량의 윤하중 재하에 의한 원인으로 판단되고 대형차량이 대부분 3차선으로 주행함에 따른 윤하중으로 표면 박리가 집중된 것으로 보여진다. 점검일 현재 손상으로 인하여 차량의 통행에 영향을 미치지 않는 상태로 부분적인 보수보다는 장기적인 포장보수계획을 수립하여 일괄적으로 보수하는 것이 효율적일 것으로 판단된다.

③ 포장 파손

포장부에 설치된 줄눈 주변으로 파손이 국부적으로 발생하고 있으며, 이는 온도변화에 따른 강성포장체의 신축거동, 반복적인 차량 통행에 의한 하중 등의 요인에 의한 손상으로 판단된다. 금회 점검시 조사된 포장부 줄눈에 발생한 단면손상은 방치시 심화 및 증가할 것으로 예상되어 진행을 억제하고 차량의 주행성 및 안전성을 확보할 수 있도록 손상부 절삭 후 무수축콘크리트 타설을 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

④ 패임 및 재료분리

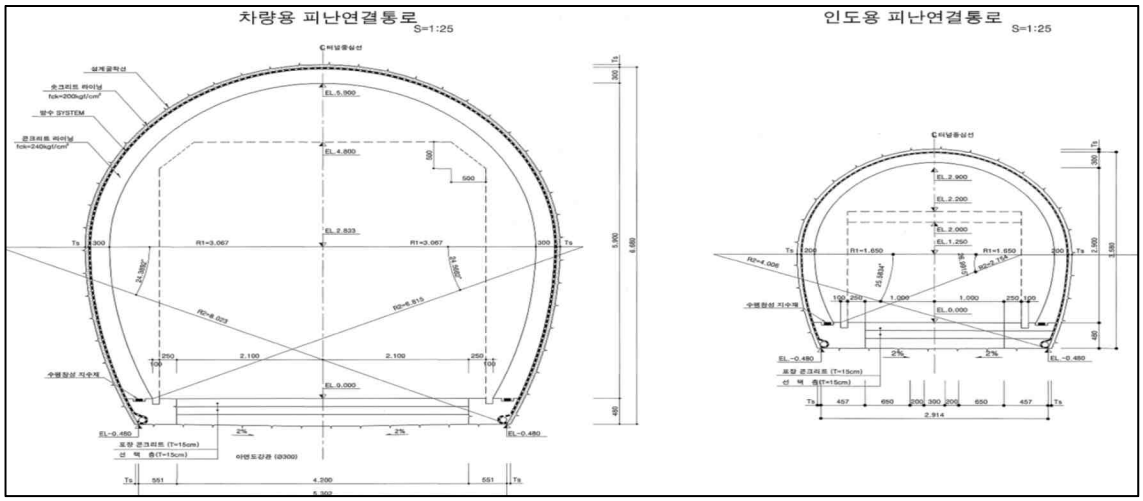
포장부에서 조사된 패임, 재료분리는 콘크리트 타설시 품질관리미흡(배합 및 골재불량, 다짐미흡 등)에 의한 손상으로 판단되며, 향후 차량의 반복적인 통행에 의한 하중으로 마모, 골재 탈리 등의 손상이 발생할 수 있으므로 보수를 시행하여 유지관리하는 것이 효율적일 것으로 판단된다.

1.2.4 부대시설

가. 피난연락갱

1) 현황

본 터널은 차량사고 및 화재 등의 긴급상황시 터널 이용자의 안전을 위해 설치된 피난연락갱이 Span 56(차량용), Span 93(인도용), Span 130(차량용)에 시공되어 있으며, 피난연락갱은 횡방향으로 부산방향과 울산방향을 연결하고 중간에 방화·방음 차단문이 설치되어 있는 것으로 확인되었다.



a. 파난연락갱 일반도(차량용, 인도용)

<그림 1.2.2> 피난연락갱 일반도

b. 피난연락갱(차량용) 전경(Span 56)

c. 피난연락갱(인도용) 전경(Span 93)

<사진 1.2.14> 피난연락갱 전경

2) 외관조사 결과

피난연락갱에 대한 외관조사결과, 전반적으로 손상이 발생하지 않은 건전한 상태인 것으로 조사되었다.

<표 1.2.15> 피난연락갱 손상현황

구분	상태양호
S56	
S93	
S130	
합계	

a. 피난연락갱 S93(인도용) 상태양호

b. 피난연락갱 S130(차도용) 상태양호

<사진 1.2.15> 피난연락갱 손상현황

3) 기 점검·진단 결과와 비교·분석

피난연락갱에서 조사된 손상 및 결함에 대하여 기 정밀안전점검(2021.08)과 비교결과, 기 점검 및 금회 점검시 손상이 발생하지 않은 건전한 상태로 손상물량의 변동은 없는 것으로 검토되었다.

<표 1.2.16> 피난연락갱 기 점검 결과와의 비교

구 분	결 함 내 용	손상물량		손상물량 비교	단위	증감원인
		이전(2021년) 정밀안전점검	금회(2023년) 정밀안전점검			
피난연락갱	상태양호	-	-	-		-

4) 검토의견

① 피난연락갱 상태양호

피난연락갱은 Span 56(차량용), Span 93(인도용), Span 130(차량용)에 시공되어 있으며, 점검결과 손상이 발생하지 않은 건전한 상태로서 현 상태를 지속할 수 있도록 주의관찰이 요구된다.

나. 사면

1) 현황

문수터널(부산)의 갱문은 벨마우스 형식으로 시점 및 종점에는 터널 시공을 위해 절취된 사면이 있으며, 준공도서 검토결과 시·종점부 사면은 표면보호공(숏크리트, 녹생토 등)이 시공되고 시점부는 soil-Nailing 공법, 종점부는 rock bolt로 보강된 것으로 검토되었다.

a. 시점부 사면 전경

b. 종점부 사면 전경

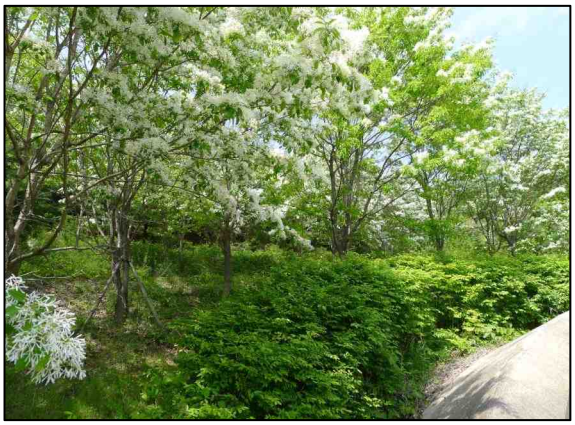
<사진 1.2.16> 사면 전경

2) 외관조사 결과

사면에 대한 외관조사결과, 전반적으로 식생 활착이 양호한 상태로 수목이 밀집하여 자생하고 있으며, 점검일 현재 사면붕괴 및 토석류 이동 등의 손상은 관찰되지 않은 건전한 상태로 조사되었다.

<표 1.2.17> 사면 손상현황

구분	상태양호
시점부	-
종점부	-
합계	-



a. 시점부 사면 식생 활착 및 수목 발달

b. 종점부 사면 식생 활착 및 수목 발달

<사진 1.2.17> 사면 손상현황

3) 기 점검·진단 결과와 비교·분석

사면에서 조사된 손상 및 결함에 대하여 기 정밀안전점검(2021.08)과 비교결과, 이전 점검 및 금회 점검에서 손상이 발생하지 않은 건전한 상태로 손상물량의 변동은 없는 것으로 검토되었다.

<표 1.2.18> 사면 기 점검 결과와의 비교

구 분	결 함 내 용	손상물량		손상물량 비교	단위	증감원인
		이전(2021년) 정밀안전점검	금회(2023년) 정밀안전점검			
사면	상태양호	-	-	-	-	-

4) 검토의견

① 사면 표면 상태양호

사면에 대한 외관조사결과, 전반적으로 식생 활착이 양호하고 점검일 현재 사면붕괴 및 토석류 이동 등의 손상은 관찰되지 않은 건전한 상태이나, 이후의 유지관리 상태 및 예기치 않던 외적요인에 의해 잔존해 있던 위험요소가 일시적으로 노출되어 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검 등의 유지관리를 통해 기능성과 안전성을 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

다. 터널 외부배수로

1) 현황

본 터널의 종점 갱구부 상단에는 U형 개거, 시점 사면에는 소단배수로가 시공되어 있으며, 강우나 강설 등에 의한 지표수의 구조물 내 유입을 막고 갱구부 및 사면의 안전성을 확보할 목적으로 시공되었다.

a. 시점 소단 배수로 전경

b. 종점 갱구부 배수로 전경

<사진 1.2.18> 터널 외부배수로

2) 외관조사 결과

터널 외부배수로에 대한 외관조사결과, 시·종점에 설치된 외부 배수로에서 균열이 일부 발생한 것으로 조사되었다.

<표 1.2.19> 터널 외부배수로 손상현황

구분	도수로 균열(0.3㎜이상) (m/EA)
시점부	9.50 / 3
종점부	1.50 / 1
합계	11.00 / 4

a. 시점부 소단배수로 균열(0.3㎜이상)

b. 종점부 도수로 균열(0.3㎜이상)

<사진 1.2.19> 터널 외부배수로 손상현황

3) 기 점검·진단 결과와 비교·분석

터널 외부배수로에서 조사된 손상 및 결함에 대하여 기 정밀안전점검(2021.08)과 비교 결과, 기 조사된 손상부에 대한 보수가 시행되지 않은 것으로 확인되었으며, 금회 점검시 도수로 균열(0.3㎜이상)이 추가로 조사되어 손상물량이 증가하고 있는 것으로 검토되었다.

<표 1.2.20> 터널 외부배수로 기 점검 결과와의 비교

구 분	결 함 내 용	손상물량		손상물량 비교	단위	증감원인
		이전(2021년) 정밀안전점검	금회(2023년) 정밀안전점검			
외부 배수로	도수로 균열(0.3㎜이상)	9.00	11.00	⬆ 2.00	m	건조수축

4) 검토의견

① 도수로 균열(0.3㎜이상)

시·종점에 설치된 도수로에서 조사된 균열은 콘크리트의 경화시 수축과 구속의 영향으로 표면균열이 발생한 것으로 판단되며, 구조물의 내구성 저하방지를 위한 균열폭(0.3㎜미만: 표면보수, 0.3㎜이상: 주입보수)에 따른 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

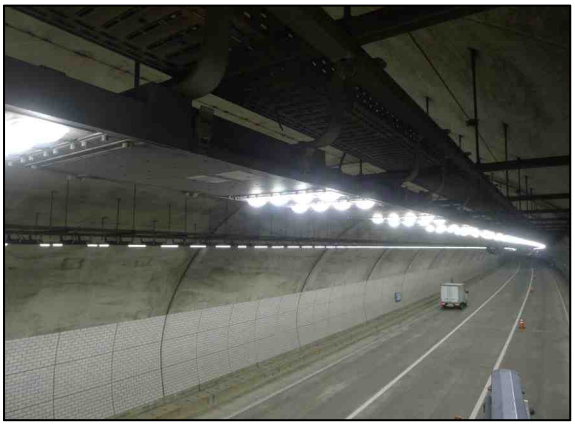
또한, 향후 터널 주변 식생의 영향으로 낙엽 및 토사 등이 퇴적되어 배수로의 기능이 저하될 수 있으므로 매년 우기철 전·후로 배수시설에 대한 정비가 요구된다.

1.2.5 기타 부속시설

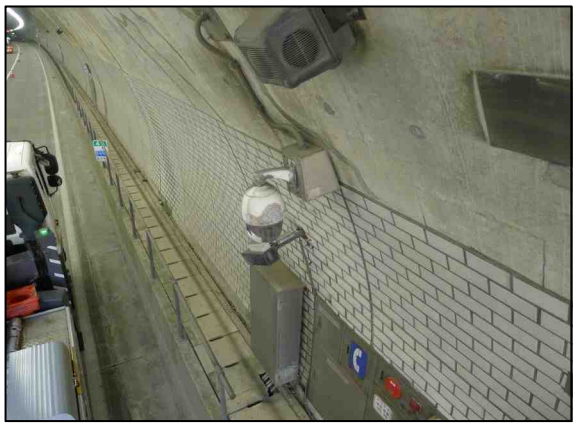
가. 현황

본 터널의 내부에는 조명시설, 소화시설, 비상전화시설, 비상구 표시등, CCTV, 환기시설(Jet Fan) 등이 설치 및 비치되어 있으며, 공용 중 발생할 수 있는 기타 부속시설의 외관 상태 등에 대하여 주안점을 두고 조사를 시행하였다.

a. 비상구 표시등 설치현황



b. 조명시설 설치현황



c. 터널 내부 CCTV 설치현황

d. 소화시설 비치현황

e. 신호시설(통행, 차단) 설치현황

f. 환기시설(Jet Fan) 설치현황

<사진 1.2.20> 기타 부속시설 전경

나. 외관조사 결과

기타 부속시설에 대한 외관조사결과, 조사된 손상은 없으며 내부에 설치 및 비치된 부속시설의 외관 및 관리상태는 양호한 것으로 확인되었다.

<표 1.2.21> 기타 부속시설 손상현황

구분	상태양호
-	-
합계	-

다. 기 점검·진단 결과와 비교·분석

기타 부속시설에서 조사된 손상 및 결함에 대하여 기 정밀안전점검(2021.08)과 비교결과, 손상이 발생하지 않은 양호한 상태로 조사되어 손상물량의 변동은 없는 것으로 검토되었다.

<표 1.2.22> 기타 부속시설기 점검 결과와의 비교

구 분	결 합 내 용	손상물량		손상물량 비교	단위	증감원인
		이전(2021년) 정밀안전점검	금회(2023년) 정밀안전점검			
부속시설	상태양호	-	-	-		-

라. 검토의견

① 기타 부속시설 상태양호

본 터널의 내부에 설치된 부속시설의 설치상태가 양호하고 시설물의 사용성을 저해할만한 문제점은 없는 것으로 판단되며, 공용중 부속시설의 상태변화 및 제기능 확보에 대한 지속적인 관찰 및 점검이 요구된다.

1.2.6 공중이 이용하는 부위

가. 현황

터널 시설물에 공중이 이용하는 부위가 해당되는지 여부를 확인하고, 해당 부위의 결함조사 실시 및 상태평가 후 공중의 안전에 영향을 미치는 것으로 인정되는 대통령령으로 정하는 중대한 결함 등이 발견된 경우 관리주체에게 통보하여야 한다.

<표 1.2.23> 공중이 이용하는 부위의 적용 범위

구 분	부재명	금회 대상 부재	비고
공중이 이용하는 부위	◦ 추락방지시설	공동구 난간 (L=1,508.0m)	
	◦ 도로포장	콘크리트 포장 (L=1,508.0m)	
	◦ 도로부 신축이음부	해당없음	
	◦ 환기구 등의 덮개	공동구 덮개	

※조사된 결함 및 파손 중 중대한 결함 등이 발견된 경우는 해당부위의 외관조사망도 및 사진대지를 작성하여 「법」제22조제2항에 따라 관리주체에게 통보하여야 한다.

나. 추락방지시설

1) 현황

본 터널은 이용자(유지관리자, 점검자 등)의 안전을 확보하기 위해 도로부 좌측 공동구 상단에 난간이 설치되어 있다.

a. 공동구 상단 난간 전경

b. 공동구 상단 난간 설치현황

<사진 1.2.21> 추락방지시설 전경

2) 외관조사결과

추락방지시설에 대한 외관조사결과, 공동구 상단에 설치된 난간의 지주가 일부 파손되어 탈락된 것으로 조사되었다.

a. 난간 S83 지주 파손, 탈락

b. 난간 S84 지주 파손, 탈락

<사진 1.2.22> 추락방지시설 손상현황

3) 기 점검·진단 결과와 비교·분석

추락방지시설에서 조사된 손상 및 결함에 대하여 기 정밀안전점검(2021.08)과 비교결과, 금회 점검시 난간 지주 파손 및 탈락이 조사되어 손상물량이 증가하고 있는 것으로 검토되었다.

<표 1.2.24> 추락방지시설 점검 결과와의 비교

구 분	결 함 내 용	손상물량		손상물량 비교	단위	증감원인
		이전(2021년) 정밀안전점검	금회(2023년) 정밀안전점검			
추락방지시설	난간 지주 파손, 탈락	-	3	⬆ 3	EA	-

4) 검토의견

① 난간 지주 파손, 탈락

공동구 상단에 설치된 난간의 지주가 공용중 외력으로 파손 및 탈락이 발생한 것으로 조사되었으며, 손상정도는 경미하나 유지관리시 점검자 및 관리자의 안전사고 예방을 위해 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

다. 도로포장

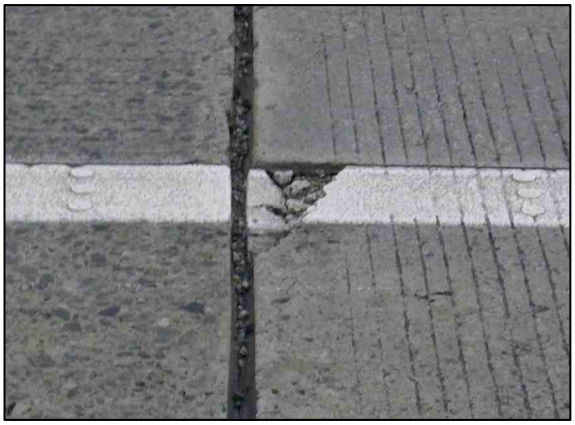
1) 외관조사 및 검토의견

본 문수터널(부산)은 총 연장 1,508.0m로 콘크리트 포장이 시공되어 있으며, 포장균열 및 파손, 패임, 재료분리 등의 손상이 조사되었으며, 차량에 직접적인 파손을 유발할 정도는 아닌 것으로 검토되었다. 금회 조사된 손상은 일부 보수가 요구되나, 중대한 결함은 발생하지 않은 것으로 검토되었다.

※ 도로포장부에 대한 세부 외관조사 내용은 『시설물편 1장 1.2.3 포장부』에 상세히 기술하였음.

a. 포장부 S20 파손, 패임

b. 포장부 S45 줄눈 주변 파손



c. 포장부 S51 줄눈 주변 파손

d. 포장부 S85 균열

<사진 1.2.23> 도로포장 손상현황

라. 환기구 등의 덮개

1) 외관조사 및 검토의견

본 공동구의 상부에는 콘크리트 덮개가 설치되어 시설물의 안전점검 및 유지관리자가 이용하고 있어 공중이 이용하는 부위에 대한 점검결과 덮개 파손이 발생한 것으로 조사되었으며, 덮개 손상으로 유지관리시에 안전사고 발생 위험을 내재하고 있어 손상부에 대한 일부 보수가 필요한 상태로 검토되었다.

또한, 포장부 좌·우측에는 측구가 시공되어 일정한 간격으로 집수구가 위치하고 상면에는 철재 그레이팅 덮개가 설치된 것으로 확인되었다. 배수시설의 그레이팅 덮개는 차량 이동 구간에 인접하게 설치된 상태이며, 공용중 덮개 유실, 지지상태 불량 등으로 주행차량의 안전사고 발생 가능성이 있어 공중이 이용하는 부위에 포함하였다. 그레이팅 덮개에 대한 점검결과 덮개의 지지상태는 양호하였으며, 덮개 유실 등의 손상이 발생하지 않은 상태로 지속적인 점검을 통한 주의관찰이 요구된다.

※ 환기구 등의 덮개에 대한 세부 외관조사 내용은 『시설물편 1장 1.2.3 배수시설 및 공동구』에 상세히 기술하였음.

a. 공동구 S31 덮개 파손

b. 공동구 S46 덮개 파손

c. 공동구 S159 덮개 탈락(유실)

d. 공동구 S165 덮개 파손

e. 집수구 S4 그레이팅 덮개 양호

f. 집수구 S123 그레이팅 덮개 양호

<사진 1.2.24> 환기구 등의 덮개 손상현황

1.2.7 유해·위험요인(10대) 위험요소 점검결과

가. 개요

공중이용시설의 중대시민재해 유발 가능성이 높은 유해·위험요소를 선정하여 집중관리함으로써 국민의 안전을 도모하는 목적이 있다.

<표 1.2.25> 공중이용시설 10대 위험요소

구분	유해·위험요인	비고
낙하물	① 교각 코핑 콘크리트 탈락 ② 중분대 하면 콘크리트 낙하 ③ 배수관 낙하사고 ④ 고드름 낙하사고	
화재	⑤ 주유소 및 충전소 화재사고	
터널접속부 파손	⑥ 신축이음장치 솟음(Blow-up)	
포장불량	⑦ 교면포장 부분보수부 파손	
배수시설 기능저하	⑧ 교량 집수구 막힘(미끄럼·결빙)	
사면붕괴	⑨ 절토사면·옹벽 표면 손상	
콘크리트 열화	⑩ 터널 배수구 뚜껑파손	

나. 점검결과

본 과업대상 문수터널(부산)은 중대시민재해를 유발할 수 있는 위험요소로 낙하물(고드름 낙하사고), 콘크리트 열화(터널 배수구 뚜껑파손) 등의 항목이 해당된다.

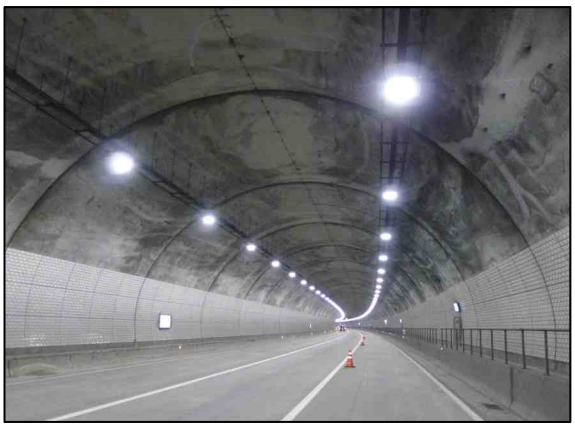
공중이용시설 10대 위험요소 중 터널에 해당하는 항목에 대한 점검결과, 본 터널은 포장부 좌·우측에 측구를 시공하여 일정간격으로 집수구(그레이팅 덮개)가 설치되어 있으며, 일부 균열 및 파손 등의 손상이 확인되었지만, 재해를 유발할 정도의 손상은 아닌 것으로 검토되었다. 또한 터널의 입·출구부의 라이닝의 누수는 없는 상태이며, 향후 소형결함으로도 재해 발생 가능성이 있으므로 유해·위험요인이 있는 취약시설물에 대한 중점관리 및 예방차원의 긴급보수·보강 등의 유지관리가 요구된다.

<표 1.2.26> 공중이용시설 10대 위험요소(터널)

구분	유해·위험요인	점검결과	내용	보수방안	비고
1	고드름 낙하사고	□유, ▣무	이상없음	-	
2	터널 배수구 뚜껑파손	□유, ▣무	이상없음	-	

a. 시점부 갱문 상태양호

b. 종점부 갱문 상태양호



c. 천단부 상태양호(누수 없음)

d. 배수시설 상태양호

<사진 1.2.25> 유해·위험요인 손상현황

1.2.8 기 점검결과와 비교

기 실시한 정밀안전점검(2021. 08)과 금회 실시한 정밀안전점검과 비교결과 라이닝 균열(0.3㎜이상)에 대한 보수를 부분적으로 시행하여 균열(0.3㎜이상)이 감소하였으며, 천단부 균열(0.3㎜미만), 배수시설 파손, 공동구 균열(0.3㎜이상), 포장부 패임, 파손, 재료분리는 이전 안전점검에서 물량산출 오류로 감소한 것으로 검토되었다.

또한, 준공 후 공용년수 증가로 인한 노후화, 시공미흡, 공용중 외부충격, 기 점검시 조사 누락 등의 요인으로 손상이 일부 부재에서 증가하는 것으로 검토되었으며, 본 터널은 유지관리 차원의 점검 및 보수를 실시하여 시설물의 내구성 및 안전성을 확보해야 할 것으로 판단된다.

<표 1.2.27> 기 점검결과와의 비교

구 분	결 함 내 용	이전(2021년) 정밀안전점검	금회(2023년) 정밀안전점검	손상물량 비교	단위	증감원인
천단부	균열, 재균열(0.3㎜이상)	82.00	46.30	↓ 35.70	m	보수
	균열, 재균열(0.3㎜미만)	391.50	375.20	↓ 16.30	m	기 물량산출 오류
	망상균열	26.25	46.00	↑ 19.75	㎡	기 점검시 누락
	철근노출	0.19	0.36	↑ 0.17	㎡	시공미흡
	박락, 보수부 박락	0.05	0.23	↑ 0.18	㎡	시공미흡, 재노출
	마감불량	-	0.07	↑ 0.07	㎡	보수불량
측벽부	타일 파손 및 탈락	44	79	↑ 35	EA	외력, 부착력 저하
갱문	상태양호	-	-	-	-	-
배수시설	균열(0.3㎜이상)	43.30	48.70	↑ 5.40	m	건조수축
	균열(0.3㎜미만)	50.80	56.00	↑ 5.20	m	건조수축
	파손	0.60	0.48	↓ 0.12	㎡	기 물량산출 오류
	집수구 이물질퇴적	55	57	↑ 2	EA	환경적인 요인
	그레이팅 부식	50	52	↑ 2	EA	공용기간 증가
공동구	균열(0.3㎜이상)	58.10	37.30	↓ 20.80	m	기 물량산출 오류
	균열(0.3㎜미만)	221.20	228.70	↑ 7.50	m	건조수축
	망상균열	1.20	3.20	↑ 2.00	㎡	건조수축
	철근노출	0.75	0.75	-	㎡	-
	긁힘, 파손	1.81	1.90	↑ 0.09	㎡	외부 충격
	들뜸, 박락	0.32	0.32	-	㎡	-
	덮개 파손	55	62	↑ 7	EA	외부 충격
포장부	포장균열	26.50	190.50	↑ 164.00	m	차량윤하중재하
	망상균열	-	144.00	↑ 144.00	㎡	차량윤하중재하
	포장 마모	-	144.00	↑ 144.00	㎡	염화칼슘, 동결융해
	포장 패임, 파손	17.10	6.11	↓ 10.99	㎡	기 물량산출 오류
	재료분리	0.60	0.20	↓ 0.40	㎡	기 물량산출 오류
피난연락갱	상태양호	-	-	-	-	-
사면	상태양호	-	-	-	-	-
외부 배수로	도수로 균열(0.3㎜이상)	9.00	11.00	↑ 2.00	m	건조수축
부속시설	상태양호	-	-	-		
추락방지시설	난간 지주 파손, 탈락	-	3	↑ 3	EA	외부 충격

1.3 내구성조사

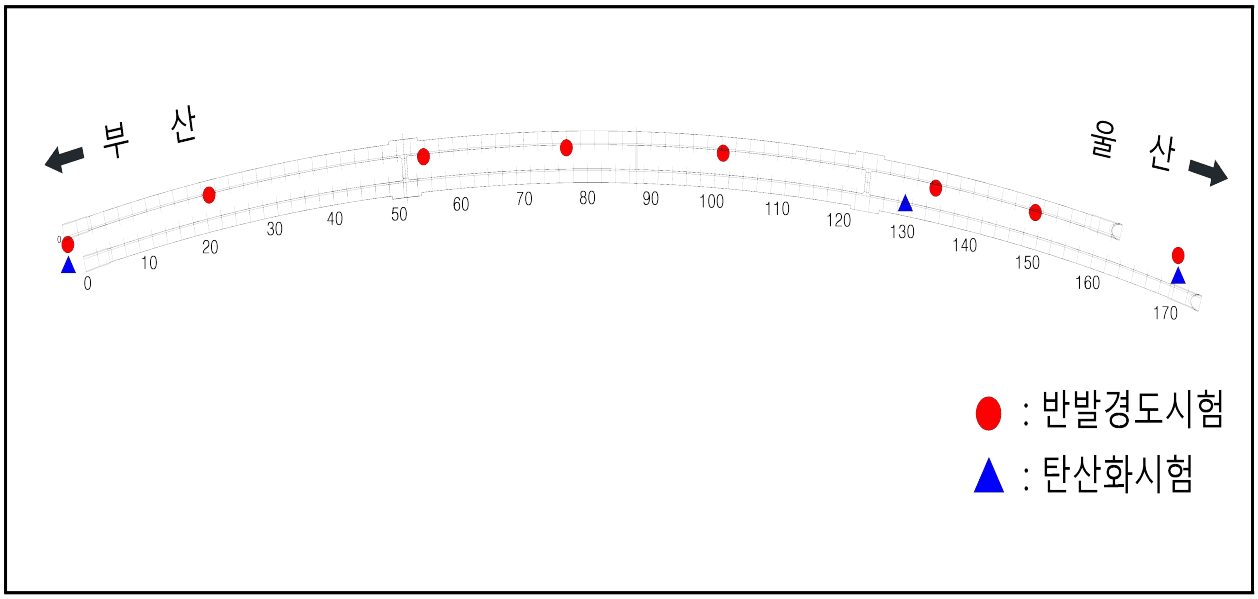
1.3.1 시험 현황

대상 구조물에 대한 콘크리트의 품질상태, 강도 등을 파악하기 위하여 필요한 현장시험을 수행하였으며, 콘크리트 강도는 반발경도시험을 수행하여 콘크리트의 비파괴강도를 추정하고, 철근탐사시험을 통해 탄산화시험에 필요한 피복두께를 실측하여 자료를 수집하였다.

반발경도시험, 철근탐사시험 등은 시험과정에서 콘크리트 부재에 전혀 손상을 주지 않으므로 가급적 단면력이 크게 발생하는 부위로서 구조물을 대표할 수 있는 위치를 선정하여 콘크리트의 품질확보 정도를 확인할 수 있도록 하였으며, 비파괴시험 성과물은 부록에 수록하였다.

<표 1.3.1> 콘크리트 비파괴시험 총괄표

구분	세부지침 기준	기준수량	금회 시험수량
반발경도시험	• 총수량 = (총연장 ÷ 300m)개소	6	8
탄산화 깊이측정	• 총연장 1,000m미만 : 2개소 • 총연장 1,000m이상 : 최소2개소+1,000m당 1개소 추가	3	3
철근탐사시험	• 탄산화 깊이측정 시 실측 철근 피복측정	-	3



<그림 1.3.1> 비파괴시험 위치도

1.3.2 시험결과 및 분석

가. 반발경도시험

반발경도시험은 표면에 곰보, 공극, 노출된 자갈 등이 있는 부위들은 측정위치에서 제외하였으며, 콘크리트 표면의 요철, 부착물, 분말 등은 그라인딩으로 제거하여 실시하였다. 또한, 반발경도 측정값은 각 측정부위에 따라 타격방향, 표면의 건습상태, 재령 등에 의한 보정을 한 후 콘크리트 강도를 추정하였다.

반발경도 시험법에 의한 비파괴강도는 콘크리트 라이닝에 대하여 외관상 건전부위와 불량부위를 선정하여 실시하였으며, 그 결과는 다음 표와 같다.

<표 1.3.2> 콘크리트 라이닝 비파괴 강도 측정결과 [단위 : *MPa*]

시 험 위 치	비파괴시험	반발경도법	
	반발경도 (R_0)	일본재료학회	**일본건축학회**
Span. 01 라이닝(비건전부)	45.5	25.2	**26.7**
Span. 21 라이닝(건전부)	46.7	26.1	**27.2**
Span. 55 라이닝(건전부)	45.1	24.8	**26.5**
Span. 78 라이닝(건전부)	46.6	26.0	**27.2**
Span. 102 라이닝(건전부)	46.1	25.6	**26.9**
Span. 134 라이닝(건전부)	45.6	25.3	**26.7**
Span. 151 라이닝(건전부)	46.1	25.6	**26.9**
Span. 171 라이닝(비건전부)	45.4	25.1	**26.6**
평균(*MPa*)		25.4	**26.8**
표준편차		0.4	**0.2**
변동계수		1.5	**0.7**
M A X		26.1	**27.2**
M I N		24.8	**26.5**

주) 대상시설물의 콘크리트 라이닝은 전반적으로 양호한 상태로 조사되어 비건전부위는 시점 및 종점 갱구부의 형식이 벨마우스로 환경적인 요인(우수 및 표면수 유입, 동결융해작용, 온도변화 등)에 의해 콘크리트 라이닝 표면이 열화될 가능성이 있어 Span. 1 및 Span. 171을 가장 취약한 부분으로 판단하여 선정하였다.

<표 1.3.3> 문수터널(부산) 비파괴 강도 측정결과 [단위 : *MPa*]

부재 \ 종류		시험압축강도 (A)	설계기준강도 (B)	(A/B)×100 (%)
콘크리트 라이닝	건전부	26.5~27.2	24.0	110~113
	비건전부	26.6~26.7	24.0	110~111

주) 설계기준강도(24.0MPa)는 준공도서를 검토하여 활용

콘크리트 비파괴 시험결과 라이닝의 비파괴 강도는 건전부 26.5~27.2MPa, 비건전부 26.6~26.7MPa로 측정되었으며, 비건전부/건전부를 비교평가 결과 97~100%로 건전부 대비 큰 차이를 보이는 않는 것으로 검토되었다. 또한, 설계강도값과 비교평가 결과 설계기준강도(24.0MPa) 대비 100%이상을 확보하고 있는 것으로 측정되어 피복콘크리트의 내구성능은 양호한 상태로 검토되었다.

a. 표면요철제거 현황

b. 반발경도시험 현황

<사진 1.3.1> 반발경도시험 현황

1.3.3 탄산화시험

본 구조물에서는 측정위치에 타정공구 및 드릴을 이용하여 국부적으로 파손시킨 면에 페놀프탈레인 용액을 지시약으로 사용하는데, 이는 알카리성 콘크리트의 탄산화가 진행된 면에서는 무색으로 변화가 없는 무색의 깊이가 곧 탄산화 진행 깊이가 된다. 구조물의 내구성에 영향이 없는 부위에는 코어시편을 채취하여 탄산화 깊이를 측정하였으며, 측정결과는 다음 표와 같다.

$$C = A\sqrt{t}$$

여기서, C : 탄산화깊이(㎜) → 탄산화 잔여깊이

A : 탄산화 속도계수

t : 콘크리트 타설 후 경과된 시간(년)

<표 1.3.4> 탄산화 깊이의 측정결과

시험위치		탄산화 깊이(㎜) (C)	공용년수 (t)	탄산화 속도계수 (A)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	잔존수명 (td)	이론 탄산화깊이 (㎜)
라이닝	Span. 01 라이닝	5.3	15	1.37	62.7	100년 이상	11.11
	Span. 130 라이닝	4.8	15	1.24	55.2	100년 이상	11.11
	Span. 170 라이닝	4.3	15	1.11	59.7	100년 이상	11.11

※ A = 탄산화깊이 / √(경과년수 : 15년)
※ 잔존수명 = (탄산화 잔여깊이 / A) 2
※ 이론깊이:岸谷式에 의한 탄산화 이론깊이(w/c : 0.55, R : 1 적용)
※ 피복두께는 시험위치에서 측정하였으며, 그 결과자료는 부록에 첨부

본 과업에서 탄산화에 의한 수명 평가는 경과년수와 탄산화깊이와의 관계를 통해 탄산화 속도계수를 역추적하여 탄산화가 철근에 도달하는 시간을 계산하였다. 앞서 언급한 식 $C = A\sqrt{t}$ 에서 준공 후 현재까지의 경과년수 t는 설계도로부터 구할 수 있고 탄산화 깊이 C는 현장조사를 통하여 얻을 수 있으므로 탄산화 속도계수 A를 계산할 수 있다. 측정결과 이론 탄산화깊이(11.11㎜)보다 적은 값으로 측정되었으며, 모든 측정부재에서 현재로부터 탄산화가 철근에 도달하는데 걸리는 시간을 추정한 결과 100년 이상으로 탄산화에 의한 철근부식은 없을 것으로 판단된다.

<그림 1.3.2> 탄산화 깊이측정 결과분석

a. 탄산화시험부 부재 천공 현황

b. 탄산시험부 변색유무 확인

c. 탄산화깊이 측정현황

d. 탄산화시험부 피복두께 측정현황

<사진 1.3.2> 탄산화시험 현황

1.3.4 기 점검결과와 비교

가. 비파괴강도

<표 1.3.5> 기 점검결과와 비파괴강도 비교 [단위:*MPa*]

구 분	콘크리트 라이닝	비고
2019년 정밀안전진단	25.0 ~ 31.8	
2021년 정밀안전점검	27.7 ~ 28.7	
금회 정밀안전점검	26.5 ~ 27.2	

기 실시한 정밀안전점검과의 비파괴강도 비교결과 측정위치, 표면요철 및 습윤상태 등에 의한 미소한 차이는 있으나 비파괴강도의 저하는 없는 것으로 검토되었다.

나. 탄산화깊이

<표 1.3.6> 기 점검결과와 탄산화 비교 [단위:㎜]

구 분	콘크리트 라이닝		비고
	탄산화깊이	잔여깊이	
2019년 정밀안전진단	3.9 ~ 6.1	63.3 ~ 66.1	
2021년 정밀안전점검	5.0 ~ 5.5	61.0 ~ 65.5	
금회 정밀안전점검	4.3 ~ 5.3	55.2 ~ 62.7	

기 실시한 정밀안전점검과의 탄산화깊이 비교결과 “안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2022.12)” 건전성 평가기준(탄산화 잔여깊이 30㎜이상: a등급)에 준하여 향후 탄산화에 의한 철근 부식의 가능성은 없을 것으로 판단된다.

1.4 종합평가

1.4.1 상태평가

본 터널은 기본시설물과 부대시설물을 구분하여 상태평가기준을 적용하였으며, 상태평가를 위한 단위는 터널 라이닝의 시공이음 및 신축이음, 철근과 무근 경계, 단면변화로 인한 경계 등을 고려하여 쉬트(Sheet)를 30m 전·후로 선정하였다.

터널 상태평가등급 산정과정은 외관조사 및 내구성시험으로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여 「시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2022.12)」의 상태평가 기준에 따라 시설물의 상태를 정량적이고 객관적으로 신뢰성 있는 평가결과를 도출하였으며, 본 터널의 상태평가 결과는 다음 표와 같다.

가. 기본시설물 상태평가

1) 철근콘크리트 라이닝 상태평가

① 라이닝 상태평가 결과

<표 1.4.1> 라이닝 상태평가 결과(철근콘크리트 라이닝)

Sheet No.	면적 (㎡)	균열		누수		파손 및 손상				박리		박락		백태		재료 분리		철근 노출		탄산화	
		균열폭 (mm)				손상도 (%)		손상 면적 (㎡)		깊이 (mm)		깊이 (mm)		면적율 (%)		면적율 (%)		면적율 (%)		잔여 깊이 (mm)	
1-3	620.75	0.2	b	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	32.7	a
4-6	537.19	0.2	b	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	-	-
7-9	525.25	0.2	b	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	-	-
10-11	453.63	0	a	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	-	-
21	214.88	0	a	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	-	-
41	214.88	0	a	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	-	-
54-56	561.06	0.2	b	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0.02	b	-	-
57-58	346.19	0.3	b	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	-	-
125	214.88	0	a	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	-	-
128-130	573.00	0.3	b	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0.02	b	55.2	a
131-132	358.13	0.2	b	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	-	-
151	214.88	0	a	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	-	-
166-168	561.06	0.2	b	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	-	-
169-171	608.81	0.2	b	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	59.7	a

주) 파손 및 손상의 상태평가 = 손상도 및 손상면적 중 낮은 값을 선정

② 라이닝 결함지수 산정 결과

<표 1.4.2> 라이닝 결함지수 산정 결과(철근콘크리트 라이닝)

Sheet No.	면적 (㎡)	균열	누수	파손 및 손상	재질열화						결함점수 합계	라이닝 결함 지수
					박리	박락	백태	재료 분리	철근 노출	탄산화		
1-3	620.75	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0.117
4-6	537.19	4	0	0	0	0	0	0	0	-	4	0.117
7-9	525.25	4	0	0	0	0	0	0	0	-	4	0.117
10-11	453.63	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.000
21	214.88	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.000
41	214.88	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.000
54-56	561.06	4	0	0	0	0	0	0	1	-	5	0.147
57-58	346.19	5	0	0	0	0	0	0	0	-	5	0.147
125	214.88	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.000
128-130	573.00	5	0	0	0	0	0	0	1	0	6	0.176
131-132	358.13	4	0	0	0	0	0	0	0	-	4	0.117
151	214.88	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0.000
166-168	561.06	4	0	0	0	0	0	0	0	-	4	0.117
169-171	608.81	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0.117
평균	-	2.714	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.142	0.000	2.856	0.084

주) 라이닝 결함지수(f) = (∑결함점수 / 총점 34)를 적용, 염화물 시험(선택과업) 미실시

2) 무근콘크리트 라이닝 상태평가

① 라이닝 상태평가 결과

<표 1.4.3> 라이닝 상태평가 결과(무근콘크리트 라이닝)

Sheet No.	면적 (㎡)	균열		누수		파손 및 손상				박리		박락		백태		재료분리	
		균열폭 (mm)				손상도 (%)		손상 면적 (㎡)		깊이 (mm)		깊이 (mm)		면적율 (%)		면적율 (%)	
12-14	620.75	0.2	b	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
15-17	656.56	0.2	b	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
18-20	632.69	0	a	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
22-24	644.63	0	a	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
25-27	668.50	0.2	b	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
28-30	632.69	0.2	b	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
31-33	644.63	0.2	b	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
34-36	656.56	0.2	b	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
37-38	453.63	0.2	b	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
39-40	429.75	0.2	b	없음	a	0.01	b	0.02	b	0	a	0	a	0	a	0	a

<표 1.4.3> 라이닝 상태평가 결과(무근콘크리트 라이닝) -계속

Sheet No.	면적 (㎡)	균열		누수		파손 및 손상				박리		박락		백태		재료분리	
		균열폭 (mm)				손상도 (%)		손상 면적 (㎡)		깊이 (mm)		깊이 (mm)		면적율 (%)		면적율 (%)	
42-44	632.69	0.3	b	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
45-47	644.63	0.2	b	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
48-50	668.50	0.3	b	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
51-53	596.88	0.2	b	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
59-61	668.50	0	a	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
62-64	644.63	0	a	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
65-67	644.63	0.2	b	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
68-70	644.63	0.2	b	없음	a	0.01	b	0.02	b	0	a	10.0	c	0	a	0	a
71-73	644.63	0.2	b	없음	a	0.01	b	0.02	b	0	a	0	a	0	a	0	a
74-76	656.56	0.2	b	없음	a	0.01	b	0.02	b	0	a	10.0	c	0	a	0	a
77-79	656.56	0	a	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
80-82	644.63	0	a	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
83-85	644.63	0.2	b	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
86-88	584.94	0	a	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
89-91	644.63	0	a	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
92-94	644.63	0.2	b	없음	a	0.01	b	0.02	b	0	a	0	a	0	a	0	a
95-97	656.56	0	a	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
98-100	644.63	0.2	b	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
101-103	656.56	0.2	b	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
104-106	632.69	0.2	b	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
107-109	656.56	0.2	b	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
110-112	656.56	0	a	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
113-115	644.63	0	a	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
116-118	644.63	0	a	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
119-121	656.56	0	a	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
122-124	644.63	0	a	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
126-127	393.94	0.2	b	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
133-135	632.69	0	a	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
136-138	668.50	0	a	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
139-141	644.63	0.2	b	없음	a	0.01	b	0.05	b	0	a	0	a	0	a	0	a
142-144	644.63	0	a	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
145-147	644.63	0.3	b	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
148-150	644.63	0	a	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
152-154	644.63	0.2	b	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
155-157	656.56	0.3	b	없음	a	0	a	0	a	0	a	10.0	c	0	a	0	a
158-160	644.63	0	a	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
161-163	644.63	0.2	b	없음	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
164-165	334.25	0	a	없음	a	0.02	b	0.10	b	0	a	10.0	c	0	a	0	a

② 라이닝 결함지수 산정 결과

<표 1.4.4> 라이닝 상태평가결과 산정(무근콘크리트 라이닝)

Sheet No.	면적 (㎡)	균열	누수	파손 및 손상	재질열화				결함점수 합계	라이닝 결함지수
					박리	박락	백태	재료 분리		
12-14	620.75	4	0	0	0	0	0	0	4	0.148
15-17	656.56	3	0	0	0	0	0	0	3	0.111
18-20	632.69	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
22-24	644.63	5	0	0	0	0	0	0	5	0.185
25-27	668.50	4	0	0	0	0	0	0	4	0.148
28-30	632.69	4	0	0	0	0	0	0	4	0.148
31-33	644.63	4	0	0	0	0	0	0	4	0.148
34-36	656.56	4	0	0	0	0	0	0	4	0.148
37-38	453.63	4	0	0	0	0	0	0	4	0.148
39-40	429.75	4	0	0	0	0	0	0	4	0.148
42-44	632.69	4	0	0	0	0	0	0	4	0.148
45-47	644.63	4	0	0	0	0	0	0	4	0.148
48-50	668.50	5	0	0	0	0	0	0	5	0.185
51-53	596.88	4	0	0	0	0	0	0	4	0.148
59-61	668.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
62-64	644.63	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
65-67	644.63	4	0	0	0	0	0	0	4	0.148
68-70	644.63	4	0	0	0	1	0	0	5	0.185
71-73	644.63	4	0	0	0	0	0	0	4	0.148
74-76	656.56	4	0	0	0	1	0	0	5	0.185
77-79	656.56	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
80-82	644.63	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
83-85	644.63	4	0	0	0	0	0	0	4	0.148
86-88	584.94	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
89-91	644.63	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
92-94	644.63	4	0	0	0	0	0	0	4	0.148
95-97	656.56	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
98-100	644.63	4	0	0	0	0	0	0	4	0.148
101-103	656.56	4	0	0	0	0	0	0	4	0.148
104-106	632.69	4	0	0	0	0	0	0	4	0.148
107-109	656.56	4	0	0	0	0	0	0	4	0.148
110-112	656.56	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
113-115	644.63	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000

<표 1.4.4> 라이닝 상태평가결과 산정(무근콘크리트 라이닝) - 계속

Sheet No.	면적 (㎡)	균열	누수	파손 및 손상	재질열화				결함점수 합계	라이닝 결함지수
					박리	박락	백태	재료 분리		
116-118	644.63	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
119-121	656.56	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
122-124	644.63	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
126-127	393.94	4	0	0	0	0	0	0	4	0.148
133-135	632.69	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
136-138	668.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
139-141	644.63	4	0	0	0	0	0	0	4	0.148
142-144	644.63	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
145-147	644.63	5	0	0	0	0	0	0	4	0.148
148-150	644.63	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
152-154	644.63	3	0	0	0	0	0	0	3	0.111
155-157	656.56	5	0	0	0	1	0	0	6	0.222
158-160	644.63	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
161-163	644.63	4	0	0	0	0	0	0	4	0.148
164-165	334.25	0	0	0	0	1	0	0	1	0.037
평균	-	2.437	0.000	0.000	0.000	0.083	0.000	0.000	2.520	0.093

나. 부대시설물 상태평가

1) 피난연락갱 상태평가

<표 1.4.5> 피난연락갱 상태평가 결과

SPAN	형식	연장 (m)	균열		누수		파손 및 손상		박리		박락		백태		재료 분리		철근 노출		재료 분리		철근 노출		결함 점수 합계	라이닝 결함 지수
			균열폭 (㎜)						깊이 (㎜)		면적율 (%)		면적율 (%)		면적율 (%)		면적율 (%)		면적율 (%)		면적율 (%)			
#1 피난연락갱 (차량용)	무근	-	0	0/a	없음	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	-	0/a	-	0/a	0.00	0.000
#2 피난연락갱 (인도용)	무근	-	0	0/a	없음	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	-	0/a	-	0/x	0.00	0.000
#3 피난연락갱 (차량용)	무근	-	0	0/a	없음	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	0	0/a	-	0/a	-	0/a	0.00	0.000

주) 준공도면 검토결과 피난연락갱의 라이닝은 무근(Type-Ⅱ)을 적용한 것으로 확인됨.

2) 개별 부대시설물 상태평가 결과

<표 1.4.6> 개별 부대시설물 상태평가 결과

구분	개별 결함지수(f)	개소	개별 평가결과	비고
#1 피난연락갱(차량용)	0.000	1	a	
#2 피난연락갱(인도용)	0.000	1	a	
#3 피난연락갱(차량용)	0.000	1	a	
합계	0.000	3	-	

3) 부대시설물 상태평가 결과

<표 1.4.7> 부대시설물 상태평가 결과

구분	개별 결함지수(fn)	개별 시설물 개소(N)	부대시설물 결함지수(f)	상태평가 등급
결함지수 산정	0.000	3	0.000	A
부대시설 가중치(W)	1.00			

주) 부대시설물의 결함지수(f) = ∑(fn) / N

다. 터널 주변상태 결함점수 산정

터널 주변상태에 대한 결함점수 및 산정근거

① 배수상태 : 집수구 내부에 이물질이 퇴적된 상태로 1점 적용

② 지반상태 : 지반조사보고서(2008.12)에 탐사 및 지표조사에 의해 확인된 터널구간의 단층 및 파쇄대는 총 6개가 존재하며, 모두 수직에 가까운 75° 이상의 경사각을 가지므로 영향폭은 1~5m 추정한 것으로 검토되었으며, 지반상태가 터널에 영향을 미치는 범위는 0.5D를 기준으로 평가시 약 7.82m로 단층파쇄대 영향범위 내로 2점을 부여
(D: 터널의 직경, 본 시설물의 직경은 표준단면도의 최대폭을 적용)

③ 갱문상태 : 갱문(접속부)에 손상이 없는 건전한 상태로 0점 적용

④ 공동구상태 : 공동구에 균열, 파손, 덮개파손이 발생한 상태로 0.5점 적용

⑤ 특수조건 : 대상시설물은 특수조건에 해당되지 않는 것으로 검토되어 가점 미적용

<표 1.4.8> 터널 주변상태 결함점수 산정

항목	터널 주변상태				특수조건	합계
	배수상태	지반상태	갱문(접속부) 상태	공동구		
결함지수	1.0	2.0	0.0	0.5	-	3.5

라. 터널 상태평가 결과

1) NATM(철근콘크리트)구간

<표 1.4.9> NATM(철근콘크리트)구간 상태평가 결과

항목	라이닝										주변상태				특수조건	합계
	균열	누수	파손 및 손상	재질열화							배수상태	지반상태	갱문상태	공동구상태		
				박리	층분리/박락	백태	재료분리	철근노출	탄산화	염화물						
결함점수	2.714	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.142	0.000	-	1.0	2.0	0.0	0.5	-	6.356
											결함지수(F)=결함점수 합계/41					0.155
											평가등급					b

2) NATM(무근콘크리트)구간

<표 1.4.10> NATM(무근콘크리트)구간 상태평가 결과

항목	라이닝							주변상태				특수조건	합계
	균열	누수	파손 및 손상	재질열화				배수상태	지반상태	갱문상태	공동구상태		
				박리	층분리/박락	백태	재료분리						
결함점수	2.437	0.000	0.000	0.000	0.083	0.000	0.000	1.0	2.0	0.0	0.5	-	6.020
								결함지수(F)=결함점수 합계/34					0.177
								평가등급					b

3) 기본시설물(터널)

<표 1.4.11> 문수터널(부산) 터널 구간 상태평가 결과

번호	구 분	연장(m)	연장비	결함지수 (F)	연장비 ×결함지수
1	NATM(철근콘크리트) 구간	251.5	0.167	0.155	0.026
2	NATM(무근콘크리트) 구간	1,256.5	0.833	0.177	0.148
터널 결함지수					0.174
상태평가 결과					B

마. 전체 상태평가 결과

<표 1.4.12> 문수터널(부산) 상태평가 결과

구조물	결함지수	상태평가 결과	시설물의 결함지수(F)
기본시설	0.174	B	기본시설 결함지수(F) × 부대시설 가중치(W) = 0.174 × 1.00
부대시설	0.000	A	

결함지수	0.174
상태평가 등급	B

본 문수터널(부산)의 상태평가 결과 “보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태”인 「B등급」으로 평가되었다.

1.4.2 종합평가

가. 종합평가등급 산정절차

외관조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정한다.

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 등급, 안전성평가 등급)

나. 종합평가등급 결과

<표 1.4.13> 안전등급 지정

구 분	상태평가		안전성평가	
	평가지수	평가기준	안전율	평가기준
평가결과	0.174	B	미실시 (정밀안전진단 과업)	
안전등급 지 정	상태평가 B 안전성평가(미실시) - 안전등급 B			

안전등급은 상태평가 결과와 안전성평가 결과 중 낮은 등급을 안전등급으로 지정하나 금회 실시한 정밀안전점검에서는 안전성평가(정밀안전진단 과업)를 실시하지 않아 안전등급은 B등급 “보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태”로 지정되었다.

1.4.3 기 점검결과와 비교

가. 이전 점검결과와 결함 지수 비교

기 실시되었던 점검결과와 금회 실시한 정밀안전점검 비교결과 콘크리트 라이닝(철근구간)에서 균열(0.3㎜미만)이 추가로 조사되어 결함지수가 하향 변동되었으며, 콘크리트 라이닝(무근구간)의 균열(폭 0.3㎜이상)에 대한 부분적인 보수를 시행하여 결함지수가 상향 변동된 것으로 검토되었다.

또한, 터널주변상태의 지반상태는 기 정밀안전점검에서 단층파쇄대 영향범위 외로 1점으로 평가하였으며, 지반조사보고서(2005.03) 검토결과 단층파쇄대가 영향범위 내인 것으로 검토되어 2점을 부여하여 결함지수가 하향 변동되었다.

<표 1.4.14> 기 점검결과와 결함 지수 비교

구 분			결함 지수		기 점검과 비교	결함점수 변화요인
			2021년 정밀안전점검	금회 정밀안전점검		
기본 시설물	라이닝	철근	0.067	0.084	⬆ 0.017	·균열(0.3㎜미만)이 추가 조사됨
		무근	0.111	0.093	⬇ 0.018	·균열(0.3㎜이상) 및 보수부 재균열에 대한 부분적인 보수가 시행됨
부대 시설물	피난연락갱		0.00	0.00	-	·변동없음
터널 주변 상태	배수상태		1.00	1.00	-	·변동없음
	지반상태		1.00	2.00	⬆ 1.000	·지반조사보고서 검토결과, 단층파쇄대의 영향범위 내로 평가됨.(2점 부여)
	갱문상태		0.50	0.00	⬇ 0.500	·손상이 없는 양호한 상태임
	공동구 상태		0.50	0.50	-	·변동없음
	특수조건		-	-	-	·해당없음
내구성 시험	탄산화		0.00	0.00	-	·변동없음
	염화물		-	-	-	·선택과업(금회 대상 아님)

나. 이전 점검결과와 상태평가 등급 비교

기 실시되었던 점검결과와 금회 실시한 정밀안전점검 비교결과 상태평가등급은 『B등급』으로 동일한 것으로 평가되었다.

<표 1.4.15> 기 점검결과와 상태평가 비교

구 분	상태평가		안전성평가		안전 등급	비고
	종합평가 지수	상태평가 등급	안전율	안전성평가 등급		
2019년 정밀안전진단	0.182	B	1.47	A	B등급	
2021년 정밀안전점검	0.168	B	-	미실시	B등급	
금회 정밀안전점검	0.174	B	-	미실시	B등급	

1.4.4 공중이 이용하는 부위 상태평가

터널 시설물에 공중이 이용하는 부위가 해당되는지 여부를 확인하고, 해당 부위의 결함조사 실시 및 상태평가 후 공중의 안전에 영향을 미치는 것으로 인정되는 대통령령으로 정하는 중대한 결함 등이 발견된 경우 관리주체에게 통보하여야 한다.

가. 각 평가항목 및 기준에 따른 상태평가

1) 추락방지시설

대상시설물은 공동구 상단에 난간 시설이 설치되어 있어 추락방지시설에 대한 상태평가 결과 “추락방지시설에 경미한 결함 및 파손이 발생하였으나, 기능에는 문제가 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정해야 하는 상태”인 『b』의 상태로 평가되었다.

2) 도로포장

본 터널은 전경간 콘크리트 포장으로 시공되어 있으며, 도로포장에 대한 상태평가 결과 “포장의 결함 및 파손이 미미하게 발생된 상태로 차량주행에 문제는 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 상태”인 『b』의 상태로 평가되었다.

3) 도로부 신축이음

대상시설물은 도로부 신축이음이 없는 것으로 확인되어 평가를 생략하였다.

4) 환기구 등의 덮개

터널 내부의 공동구 덮개 및 배수시설 그레이팅 덮개는 유지관리자 및 이동 차량의 안전사고 발생 위험을 내재하고 있는 것을 판단하여 점검을 실시하였으며, 점검결과 공동구 콘크리트 덮개에 파손이 발생한 것으로 조사되었다. 환기구 등의 덮개에 대한 상태평가 결과 “덮개 등(지지구조 철물, 연결재, 걸침턱 등)에 결함 및 파손 등으로 기능에 일부 문제가 발생하여 보수가 필요한 상태”인 『c』의 상태로 평가되었다.

<표 1.4.16> 공중이 이용하는 부위 상태평가 결과

구 분	시설물명	등급	비고
공중이 이용하는 부위	◦ 추락방지시설	b	난간 설치
	◦ 도로포장	b	콘크리트 포장
	◦ 도로부 신축이음부	-	해당없음
	◦ 환기구 등의 덮개	c	공동구 덮개, 배수시설 그레이팅 덮개

※조사된 결함 및 파손 중 중대한 결함 등이 발견된 경우는 해당부위의 외관조사망도 및 사진대지를 작성하여 「법」제22조제2항에 따라 관리주체에게 통보하여야 한다.

나. 상태평가 결과

본 터널은 공중이 이용하는 부위로 추락방지시설(난간), 도로포장, 환기구 등의 덮개(공동구 덮개, 배수시설 그레이팅 덮개) 등이 해당되며, 금회 점검시 조사된 결함으로 각 평가항목 및 기준에 따라 상태평가 결과 중대한 결함은 발생하지 않은 상태로 평가되었다.

1.5 사용제한 필요성

정밀안전점검 대상 시설물인 문수터널(부산)는 2008년 준공 후 15년이 경과된 터널으로서 금회 정밀안전점검 결과 시공상태가 양호하고, 활하중 작용 등 외력에 의한 구조적 결함이나 손상이 없는 상태로서 국부적으로 발생한 손상·결함부에 대해 보수를 시행한다면 구조물의 기능성과 안전성을 확보할 수 있으므로 현재 상태의 정밀안전진단 및 사용제한 등의 필요성이 없으며 향후 “시설물의 안전관리에 관한 특별법”에 의한 정기점검, 정밀안전점검 등의 시행과 동절기와 해빙기를 전·후하여 특별점검 등 지속적 유지관리를 행하면 설계시 의도한 내구연한을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

1.6 보수·보강 및 유지관리 방안

1.6.1 보수·보강 대상

1) 보강의 필요성 평가

본 대상구조물은 내구성과 관련된 심각한 결함 및 손상은 없는 상태이며 현 상태에서 구조적인 보강의 필요성은 없는 것으로 검토되었다.

2) 중대결함의 유무

'시설물의 안전관리에 관한 특별법' 제11조 ①항, 동법 시행령 제12조에서는 "대통령령이 정하는 중대한 결함"을 다음 [표 1.6.1]과 같이 명시하고 있다. 이들 결함(손상·열화 포함)들은 단순히 존재여부만으로 중대결함으로 분류하기에는 무리가 있으며 구조물의 안전성과 사용성에 미치는 영향, 발생원인 및 시기, 진행성과 비진행성 등이 고려되어야 한다.

현장조사 결과 본 구조물은 조사결과 시특법 시행령에 명시된 주요결함은 없는 것으로 조사되었다. 따라서, 시급한 보수와 함께 결함의 진행유무를 관찰하여 적극적인 보수 또는 개선을 필요로 할 만한 손상은 없는 것으로 판단된다.

<표 1.6.1> 시특법 시행령 제18조에 의한 "대통령령이 정하는 중대한 결함"유무(터널)

구 분	대통령령이 정하는 중대한 결함	해당유무
결함의 종류	1. 터널지반의 부등침하	없음.
	2. 철근콘크리트의 염해 또는 탄산화에 따른 내력손실	내력손실 없음.
	3. 균열 심화 및 탈락	없음.
	4. 라이닝부 심한 누수 및 변형	없음.
	5. 시공이음부 천단 반원형 균열(폭 1㎜이상)의 박락	없음.
	6. 시설물을 이용하는 공중의 안전에 영향을 미치는 결함 - 시설물의 난간 등 추락방지시설의 파손 - 도로터널의 포장 부분이나 신축 이음부의 파손 - 보행자 또는 차량이 이동하는 구간에 있는 환기구 등의 덮개파손 - 그 밖에 공중의 안전에 영향을 미치는 결함 (국토교통부령으로 정하는 부위 결함)	없음.

1.6.2 부재별 보수・보강방안

문수터널(부산)에 발생된 부재별 손상현황 및 보수・보강방안은 다음 표와 같다.

<표 1.6.2> 부재별 보수·보강 일람표

구 분	결함 및 손상 내용	손상물량	보수물량	단위	보수·보강 방안	우선순위	비고
천단부	균열, 재균열(0.3㎜이상)	46.30	46.30	m	주입보수	1	
	균열, 재균열(0.3㎜미만)	375.20	93.80	m/㎡	표면보수	3	
	망상균열	46.00	69.00	㎡	표면보수	3	
	철근노출	0.36	1.00	㎡	철근방청+단면보수	1	
	박락, 보수부 박락	0.23	1.00	㎡/식	제거 후 단면보수	1	
	마감불량	0.07	1.00	㎡	단면보수	2	
측벽부	타일 파손 및 탈락	79	-	EA	주의관찰	-	
배수시설	측구 균열(0.3㎜이상)	48.70	-	m	주의관찰	-	
	측구 균열(0.3㎜미만)	56.00	-	m	주의관찰	-	
	측구 파손	0.48	1.00	㎡	단면보수	2	
	집수구 이물질 퇴적	57	57	EA	청소	1	
	그레이팅 부식	52	-	EA	주의관찰	-	
공동구	균열(0.3㎜이상)	37.30	37.30	m	주입보수	1	
	균열(0.3㎜미만)	228.70	-	m	주의관찰	-	
	망상균열	3.20	-	㎡	주의관찰	-	
	철근노출	0.75	1.13	㎡	철근방청+단면보수	1	
	긁힘, 파손	1.90	2.85	㎡	단면보수	2	
	들뜸, 박락	0.32	1.00	㎡	단면보수	2	
	덮개 파손	62	62	EA	덮개 재설치	2	
포장부	포장 균열	190.50	-	m	주의관찰	-	
	망상균열	144.00	-	m	주의관찰	-	
	마모	144.00	-	㎡	주의관찰	-	
	패임, 파손	6.11	9.17	㎡	절삭 후 단면보수	2	
	재료분리	0.20	1.00	㎡	절삭 후 단면보수	3	
외부배수로	균열(0.3㎜이상)	11.00	11.00	m	주입보수	2	
난간	지주 파손, 탈락	3	3	EA	지주 재설치	3	

※ 면적환산 = 균열보수(0.3㎜미만) : L(길이) × 0.25m(폭)
※ 각 손상물량별로 추가보수 등 여유수량을 감안하여 할증을 적용하였으며, 명확하게 수량산출이 가능한 손상은 할증 적용을 제외하였음. (보수물량 = 손상물량 × 1.5(할증))
※ 보수 최소 물량은 시공성을 고려하여 1.0으로 산출하였다.
※ 보수·보강 우선순위 3순위 : 발생된 손상이 경미하여 현 상태의 보수보다는 손상 진행상황에 대한 점검을 통하여 보수여부 판단.

1.6.3 보수 · 보강 개략공사비

<표 1.6.3> 부재별 보수·보강 개략공사비

점검부위	결함 및 손상내용	손상물량	보수물량	단위	보수·보강(안) 공법	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위	비고
천단부	균열, 재균열(0.3㎜이상)	82.00	46.30	m	주입보수	80	3,704	1	
	균열, 재균열(0.3㎜미만)	375.20	93.80	m/㎡	표면보수	65	6,097	3	
	망상균열	46.00	69.00	㎡	표면보수	65	4,485	3	
	철근노출	0.36	1.00	㎡	철근방청+단면보수	270	270	1	
	박락, 보수부 박락	0.23	1.00	㎡/식	제거 후 단면보수	5,000	5,000	1	
	마감불량	0.07	1.00	㎡	단면보수	240	240	2	
배수시설	측구 파손	0.48	1.00	㎡	단면보수	240	240	2	
	집수구 이물질 퇴적	57	57	EA	청소	20	1,140	1	
공동구	균열(0.3㎜이상)	37.30	37.30	m	주입보수	80	2,984	1	
	철근노출	0.75	1.13	㎡	철근방청+단면보수	270	306	1	
	긁힘, 파손	1.90	2.85	㎡	단면보수	240	684	2	
	들뜸, 박락	0.32	1.00	㎡	단면보수	240	240	2	
	덮개 파손	62	62	EA	덮개 재설치	500	31,000	2	
포장부	패임, 파손	6.11	9.17	㎡	절삭 후 단면보수	300	2,751	2	
	재료분리	0.20	1.00	㎡	절삭 후 단면보수	300	300	3	
외부 배수로	균열(0.3㎜이상)	11.00	11.00	m	주입보수	80	880	2	
난간	지주 파손, 탈락	3	3	EA	지주 재설치	500	1,500	3	
순 공 사 비							61,821		
제경비(순공사비×0.5)							30,911		
총 공 사 비							**92,732**		

※ 상기 개략공사비는 실시설계시 공법선정, 단가변동 및 현장여건 상 변동될 수 있음.

<표 1.6.4> 우선 순위별 보수·보강 개략공사비

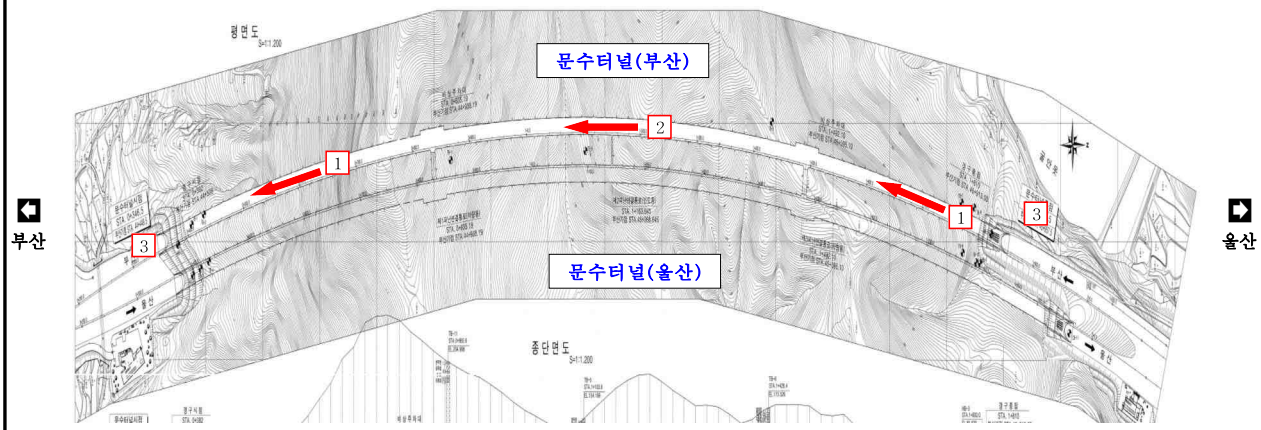
구 분	순공사비 (천원)	제경비 (순공사비×0.5)	개략공사비 (천원)
1순위	13,404	6,702	20,106
2순위	36,035	18,018	54,053
3순위	12,382	6,191	18,573
개략공사비 총계			92,732

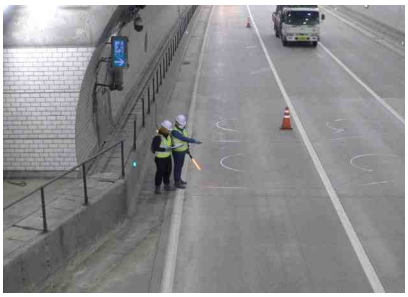
1.6.4 유지관리 방안

가. 유지관리의 목적 및 필요성

도로시설물의 유지관리란 기존에 건설된 시설물이 기능을 보존케하고 이용차량의 편의와 안전을 도모하기 위하여 기존 시설을 점검하고 손상된 부분의 원상복귀와 추가시설을 보완하여 수명기간 동안 안전과 기능을 충분히 발휘하게 하기 위한 일련의 과정을 말한다. 도로시설물 유지관리의 주요내용은 ① 시설물 안전점검, ② 이상발견, ③ 보수필요여부 판정, ④ 적정 보수공법 선정, ⑤ 보수공사 실시, ⑥보수효과 확인 등으로 구분된다.

나. 대상시설물의 점검 동선 및 점검방법

<table>
<tr><th colspan="3">문수터널</th></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td>대상시설물
점검 동선</td><td colspan="2">◦ 점검방향
① 도보점검 : 종점(울산) ⇒ 측벽부, 공동구, 배수시설, 포장부 조사 ⇒ 시점(부산)
② 고소작업차량 : 종점(울산) ⇒ 천단부, 갱구부 및 옹벽 조사, 비파괴시험 ⇒ 시점(부산)
③ 고소작업차량 : 시·종점 갱구부 주변 외부 배수로 및 사면 조사

◦ 장비투입 현황
고소작업차량 + 교통통제: 라이링 천단부 및 비파괴시험
드론: 시설물 전경, 주변 현황 파악</td></tr>
<tr><td colspan="3">  </td></tr>
<tr><td>1</td><td>도보로 포장부, 공동구 등 점검</td><td>2</td><td>고소작업차량으로 천단부 점검</td><td>3</td><td>고소작업차량으로 사면 점검</td></tr>
</table>

다. 중점유지관리 사항

1) 라이닝 균열(0.3㎜미만, 0.3㎜이상), 시공이음부 들뜸, 박락, 철근노출

주요부위 및 손상		
	천단부 S4 균열(0.3㎜미만)	천단부 S43 균열(0.3㎜이상)
	천단부 S56 철근노출	천단부 S58 균열(0.3㎜이상)
	천단부 S70(J70) 시공이음부 박락	천단부 S92 균열(0.3㎜미만)
	천단부 S129 철근노출	천단부 S155(J155) 시공이음부 박락

1) 라이닝 균열(0.3㎜미만, 0.3㎜이상), 시공이음부 들뜸, 박락 - 계속

금회 정밀안전점검 검토의견	◦균열(0.3㎜미만, 0.3㎜이상), 망상균열 시·종점(철근보강구간)을 제외한 천단부에서는 대부분 종방향으로 균열이 발생하고 있으며, 일부 구간에서 횡균열(S25, 56, 127, 131, 139), 사균열(S67, 146, 163), 망상균열(S93)이 조사되었다. 천단부의 종방향 균열이 발생하는 공간적인 위치는 대부분 천단부 터널 중심선 기준 좌·우 20°의 범위이며, 원인은 콘크리트 온도변화 및 건조수축, 2차 라이닝에 작용하중 증가 등에 따른 라이닝 인장 취약부에 자중, 라이닝 두께 차이에 의한 응력불균형, 1차 라이닝의 소성변형에 따른 추가하중, 지반의 Creep 등의 복합적인 요인 등에 의하여 발생하는 것으로 연구·검토되고 있다. 본 문수터널(부산)의 균열은 NATM터널(무근) 구간에서 연구결과와 유사하게 천단부 터널 중심선 기준으로부터 20°의 범위에 종방향으로 발생하고 있으며, 균열 및 보수부 재균열(0.3㎜미만, 0.3㎜이상)의 발생면적을 균열길이당 0.25m의 폭으로 적용하여 면적율(균열발생면적÷천단부 전체 표면면적×100%)을 계산한 결과 균열 비중은 약 1% 정도로 손상 비중은 적은 것으로 판단된다. 또한, 천단부에서 조사된 횡균열, 사균열, 망상균열의 손상 위치, 형태, 균열폭, 연장 등을 고려하여 검토한 결과 콘크리트의 온도변화 및 건조수축에 의한 손상으로 판단된다. 시·종점의 NATM 철근구간에서 조사된 균열(0.3㎜미만, 0.3㎜이상) 및 망상균열은 일정한 형태 및 규칙성이 없이 콘크리트 표면에서 발생하고 있으며, 일부 균열폭 0.1~0.2㎜의 미세 망상균열이 금회 점검시 추가로 발생하고 있는 것으로 조사되었다. 콘크리트의 라이닝의 천단부에서 조사된 균열은 내구성 저하방지를 위해 균열폭(0.3㎜미만: 표면보수, 0.3㎜이상: 주입보수)에 따른 보수를 시행하여 유지관리하는 것이 효율적일 것으로 판단된다. ◦시공이음부 들뜸, 박락 콘크리트 라이닝 시공이음부 주변 들뜸 및 박락은 반원형 균열의 진전 및 강재거푸집 설치에 따른 유압 Jack의 불균형에 의한 국부적인 지압력과 거푸집 조기탈형에 의한 양생불량 등의 요인에 의한 손상으로 판단되며, 향후 손상부 탈락으로 주행차량의 안전사고가 우려되므로 손상 제거 후 보수가 필요할 것으로 판단된다. 또한 기 보수부의 박락은 보수 미흡(치핑 미실시, 표면보수층의 두께 부족 등) 및 공용년수 증가으로 인한 표면 보수재 경화로 손상이 재노출된 것으로 판단되며, 금회 점검결과 보수부 재노출로 손상이 증가하고 있어 손상부에 대한 제거 후 보수가 요구된다. ◦철근노출 철근노출은 일부 구간에서 국부적으로 조사되었으며, 손상 발생 위치 및 형태 등을 고려할 때, 콘크리트 타설시 배근된 철근이 거푸집 방향으로 밀려나면서 피복부족에 의한 손상으로 판단된다. 라이닝 표면에 노출된 철근은 공용 중 이산화탄소 및 결로, 공기 중 습윤이 스며들어 철근이 부식되고 피복이 점진적으로 떨어져 나가면서 단면의 결손을 초래할 수 있으므로 손상부에 대한 방청 작업 및 신·구 콘크리트가 일체화 할 수 있는 재료를 선정하여 보수를 시행하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.
점검요령	◦점검방향 ① 도보점검 : 종점(울산) ⇒ 측벽부 ⇒ 시점(부산) ② 고소작업차량 : 종점(울산) ⇒ 천단부, 비파괴시험 ⇒ 시점(부산) ◦장비투입 고소작업차량 + 교통통제: 고속도로순찰대 신고, 건설기계작업계획서 제출 · 승인 후 점검
중점점검사항	◦라이닝 균열(0.3㎜미만, 0.3㎜이상)의 진전 및 추가 발생 유무 ◦시공이음부 들뜸, 박락 등의 손상 탈락 및 추가 발생 유무 ◦철근노출 손상의 심화 유무

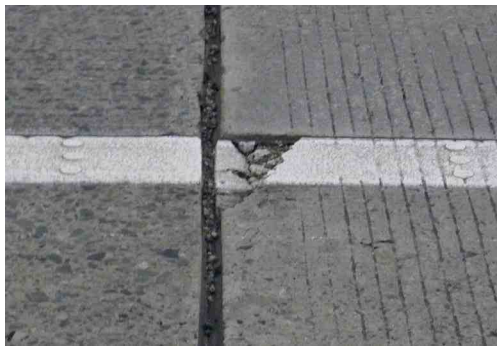
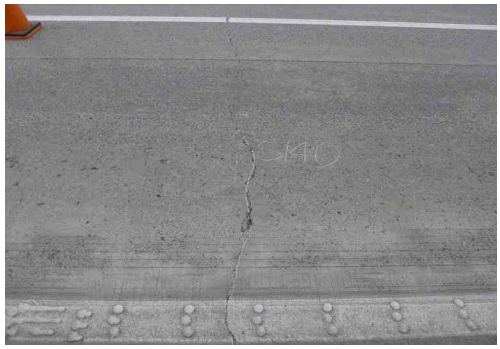
2) 배수시설 집수구 이물질퇴적 및 측구 파손

주요부위 및 손상		
	측구 S137 파손	측구 S146 파손
	집수구 S4 이물질 퇴적, 그레이팅 부식	집수구 S123 이물질 퇴적, 그레이팅 부식
금회 정밀안전점검 검토의견	◦측구 파손 측구 파손은 포장부와의 경계인 횡방향 시공줄눈 주변에서 발생하였으며, 이는 공용중 시·종점에서 유입되는 유수에 의한 동결융해작용 및 외부충격에 의한 손상으로 판단된다. 금회 조사된 파손은 방치시 손상이 심화될 것으로 예상되어 손상부에 대한 단면보수를 시행하여 유지관리하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. ◦집수구 이물질퇴적, 그레이팅 부식 집수구 상면에 설치된 그레이팅은 공용기간이 증가하면서 노후화로 인해 일부 부식이 발생하고 있으나, 점검일 현재 보수가 필요한 상태는 아니므로 주기적인 점검을 통한 보수 여부를 결정하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 또한, 배수시설 내부는 환경적인 요인 등의 영향으로 이물질 및 토사가 퇴적되고 있는 것으로 조사되었으며, 배수시설 내부에 이물질이 지속적으로 유입될 시 배수 기능상실이 우려되므로 원활한 배수처리를 위해 주기적인 준설 및 청소가 요구된다.	
점검요령	◦점검방향 ① 도보점검 : 종점(울산) ⇒ 배수시설 ⇒ 시점(부산)	
중점점검사항	◦터널 내 집수구 이물질퇴적 추가 발생 및 배수기능 불량 여부 확인 ◦공용중 측구 균열 및 파손의 추가 발생 유무	

3) 공동구 균열(0.3㎜미만, 0.3㎜이상), 측면 파손 및 철근노출, 덮개 파손

주요부위 및 손상		
	공동구 S46 좌측 덮개 파손	공동구 S74 측면 균열(0.3㎜이상)
	공동구 S77 측면 파손, 철근노출	공동구 S159 좌측 덮개 탈락
금회 정밀안전점검 검토의견	◦ 균열(0.3㎜미만, 0.3㎜이상) 공동구 측면에서 다수 조사된 균열은 콘크리트 경화시 수축과 구속의 영향으로 수직방향으로 발생하고 있으며, 점검일 현재 균열폭은 대부분 Cw=0.1~0.3㎜ 이하의 비진행성 균열로 판단되고 균열폭 Cw=0.3㎜ 이상의 균열에 대해서는 주입보수를 실시하여 유지관리하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. ◦ 파손, 철근노출 공동구 측면에서 발생한 파손 및 철근노출은 주행차량의 추돌에 의한 손상으로 판단되며, 손상면적은 적지만 내구성 저하 방지를 위해 손상부에 대한 단면보수를 시행하여 유지관리하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. ◦ 덮개 파손 공동구의 덮개에서 조사된 파손은 덮개판 설치시 충격 및 공용중 외력에 의한 손상으로 판단되며, 유지관리시 점검자 및 관리자의 안전사고 발생 위험을 내재하고 있어 손상부에 대한 덮개 재설치가 요구된다.	
점검요령	◦ 점검방향 ① 도보점검 : 종점(울산) ⇒ 공동구 ⇒ 시점(부산)	
중점점검사항	◦ 공동구 균열 및 파손 추가 발생 유무 ◦ 공동구 덮개 파손 추가 발생 유무	

4) 포장부 균열, 줄눈 주변 파손, 패임, 재료분리

주요부위 및 손상	 포장부 S45 줄눈 주변 파손	 포장부 S51 줄눈 주변 파손
	 포장부 S130 균열	 포장부 S140 균열
금회 정밀안전점검 검토의견	◦포장 균열, 망상균열 포장부에서 조사된 균열 및 망상균열은 건조수축 및 온도변화, 공용중 반복적인 차량 윤하중 재하 등의 요인에 의한 손상으로 판단되며, 망상균열이 시점(S1~8)에서 집중적으로 조사되었으나, 손상정도는 미미하여 주행에 영향이 없는 상태로 보여진다. 차후 안전점검에서 다른 구간에 손상이 다수 증가시 전체적인 보수 계획을 수립하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. ◦포장 파손 포장부에 설치된 줄눈 주변으로 파손이 국부적으로 발생하고 있으며, 이는 온도변화에 따른 강성포장체의 신축거동, 반복적인 차량 통행에 의한 하중 등의 요인에 의한 손상으로 판단된다. 금회 점검시 조사된 포장부 줄눈에 발생한 단면손상은 방치시 심화 및 증가할 것으로 예상되어 진행을 억제하고 차량의 주행성 및 안전성을 확보할 수 있도록 손상부 절삭 후 무수축콘크리트 타설을 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. ◦패임 및 재료분리 포장부에서 조사된 패임, 재료분리는 콘크리트 타설시 품질관리미흡(배합 및 골재불량, 다짐미흡 등)에 의한 손상으로 판단되며, 향후 차량의 반복적인 통행에 의한 하중으로 마모, 골재 탈리 등의 손상이 발생할 수 있으므로 보수를 시행하여 유지관리하는 것이 효율적일 것으로 판단된다.	
점검요령	◦점검방향 ① 도보점검 : 종점(울산) ⇒ 포장부 ⇒ 시점(부산)	
중점점검사항	◦포장 균열의 진전 및 추가 손상 발생 유무 ◦포장 줄눈 주변 파손의 심화 및 주행성 저하 유무	

1.7 종합결론

가. 외관조사

부 재	주요결함 및 외관조사결과	검토의견
천단부	◦콘크리트 라이닝의 천단부에 대한 외관조사결과, 균열 및 보수부 재균열(0.3㎜미만, 0.3㎜이상), 망상균열, 철근노출, 시공이음부 박락, 마감불량의 손상이 발생한 것으로 조사되었다.	① 균열(0.3㎜미만, 0.3㎜이상), 망상균열 시·종점(철근보강구간)을 제외한 천단부에서는 대부분 종방향으로 균열이 발생하고 있으며, 일부 구간에서 횡균열(S25, 56, 127, 131, 139), 사균열(S67, 146, 163), 망상균열(S93)이 조사되었다. 천단부의 종방향 균열이 발생하는 공간적인 위치는 대부분 천단부 터널 중심선 기준 좌·우 20°의 범위이며, 원인은 콘크리트 온도변화 및 건조수축, 2차 라이닝에 작용하중 증가 등에 따른 라이닝 인장 취약부에 자중, 라이닝 두께 차이에 의한 응력불균형, 1차 라이닝의 소성변형에 따른 추가하중, 지반의 Creep 등의 복합적인 요인 등에 의하여 발생하는 것으로 연구·검토되고 있다. 본 문수터널(부산)의 균열은 NATM터널(무근) 구간에서 연구결과와 유사하게 천단부 터널 중심선 기준으로부터 20°의 범위에 종방향으로 발생하고 있으며, 균열 및 보수부 재균열(0.3㎜미만, 0.3㎜이상)의 발생면적을 균열길이당 0.25m의 폭으로 적용하여 면적율(균열발생면적÷천단부 전체 표면면적×100%)을 계산한 결과 균열 비중은 약 1% 정도로 손상 비중은 적은 것으로 판단된다. 또한, 천단부에서 조사된 횡균열, 사균열, 망상균열의 손상 위치, 형태, 균열폭, 연장 등을 고려하여 검토한 결과 콘크리트의 온도변화 및 건조수축에 의한 손상으로 판단된다. 시·종점의 NATM 철근구간에서 조사된 균열(0.3㎜미만, 0.3㎜이상) 및 망상균열은 일정한 형태 및 규칙성이 없이 콘크리트 표면에서 발생하고 있으며, 일부 균열폭 0.1~0.2㎜의 미세 망상균열이 금회 점검시 추가로 발생하고 있는 것으로 조사되었다. 콘크리트의 라이닝의 천단부에서 조사된 균열은 내구성 저하방지를 위해 균열폭(0.3㎜미만: 표면보수, 0.3㎜이상: 주입보수)에 따른 보수를 시행하여 유지관리하는 것이 효율적일 것으로 판단된다. ④ 시공이음부 들뜸, 박락 콘크리트 라이닝 시공이음부 주변 들뜸 및 박락은 반원형 균열의 진전 및 강재거푸집 설치에 따른 유압 Jack의 불균형에 의한 국부적인 지압력과 거푸집 조기탈형에 의한 양생불량 등의 요인에 의한 손상으로 판단되며, 향후 손상부 탈락으로 주행차량의 안전사고가 우려되므로 손상 제거 후 보수(단면보수)가 필요할 것으로 판단된다. 또한 기 보수부의 박락은 보수 미흡(치핑 미실시, 표면보수층의 두께 부족 등) 및 공용년수 증가으로 인한 표면 보수재 경화로 손상이 재노출된 것으로 판단되며, 금회 점검결과 보수부 재노출로 손상이 증가하고 있어 손상부에 대한 제거 후 보수(단면보수)가 요구된다.

부 재	주요결함 및 외관조사결과	검토의견
천단부	◦(계속)	② 보수부 재균열(0.3㎜미만, 0.3㎜이상) 보수부 재균열은 균열부위에 대한 보수 미흡(표면보수층의 두께 부족, 부분 미충진 등의 충진불량)으로 인한 표면 보수재 경화로 균열이 재노출되거나 공용년수 증가에 따라 주입보수부 재손상이 발생한 것으로 판단된다. ③ 균열의 진행성 검토 콘크리트 라이닝에 발생한 균열폭 Cw=0.3㎜ 이상의 균열 및 보수부 재균열은 보수·보강 이력사항을 확인한 결과 “2022년 울산지사 관내 시설물 연간 유지보수공사(2022.12)_진양건설(주)” 균열에 대한 주입보수를 시행한 것으로 검토되었으며, 보수가 시행된 균열을 제외하고 이전 정밀안전점검(2021.08)에서 조사된 균열부에 대한 진행성 여부를 검토하였다. 균열(0.3㎜미만, 0.3㎜이상)에 대한 진행성 여부를 측정·조사한 결과 균열폭 및 단차 등의 변화는 관찰되지 않아 균열의 진행성은 없는 것으로 판단하였으며, 금회 점검시 추가로 조사된 망상균열(0.3㎜미만)은 새로운 손상이 아닌 미세균열로서 이전 점검자가 손상정도는 아니라고 판단하여 조사가 누락된 것으로 판단된다. 또한, 시공이음부를 경계로 어긋나면서 연속적으로 발생한 종균열이 S31～S33(보수부 재균열 Cw=0.2㎜), S37～S38(보수부 재균열 Cw=0.2㎜), S44～S46(보수부 재균열 Cw=0.2㎜), S49～S50(보수부 재균열 Cw=0.2㎜), S98～S99(보수부 재균열 Cw=0.2㎜), S104～S105(보수부 재균열 Cw=0.2㎜), S107～S108(보수부 재균열 Cw=0.2㎜), S156～S157(보수부 재균열 Cw=0.3㎜) 스판(Span) 등에서 8개소가 조사되었으며, 손상은 보수 미흡 및 공용년수 증가로 보수재가 경화되면서 균열이 재노출된 것으로 관찰되고 시공이음 주변에 박리, 박락, 단차 등의 손상이 없어 진행성은 없는 것으로 판단된다. ⑤ 철근노출 철근노출은 일부 구간에서 국부적으로 조사되었으며, 손상 발생 위치 및 형태 등을 고려할 때, 콘크리트 타설시 배근된 철근이 거푸집 방향으로 밀려나면서 피복부족에 의한 손상으로 판단된다. 라이닝 표면에 노출된 철근은 공용 중 이산화탄소 및 결로, 공기 중 습윤이 스며들어 철근이 부식되고 피복이 점진적으로 떨어져 나가면서 단면의 결손을 초래할 수 있으므로 손상부에 대한 방청 작업 및 신·구 콘크리트가 일체화 할 수 있는 재료를 선정하여 보수(철근방청+단면보수)를 시행하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. ⑥ 마감불량 시공이음 박락이 발생한 부위에 보수처리가 되지 않아 마감불량이 Span. 92, 140에서 관찰되었으며, 손상 부위는 향후 환경적인 요인으로 열화, 박리가 발생할 수 있으므로 표면보수 및 단면보수를 실시하여 유지관리하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

부 재	주요결함 및 외관조사결과	검토의견
천단부	◦(계속)	⑦ 단면변화부 본 시설물은 비상주차대 2개소가 설치되어 단면 변화구간이 관찰되고 있으며, 비상주차대 1번은 Span. 54~58, 비상주차대 2번은 Span. 128~132 구간으로 단면 확대로 인한 특이점은 발견되지 않고 일반적인 균열, 망상균열 등이 발생한 것으로 조사되었다.
측벽부	◦측벽부에 대한 외관조사결과, 타일 파손 및 탈락이 일부 구간에서 발생한 것으로 조사되었다.	① 타일 탈락, 파손 본 터널 측벽부에 조사된 타일 탈락 및 파손은 시공이음 주변, 타일 상단 및 하단부에 집중적으로 발생하고 있으며, 이는 공용중 외부 충격 및 온도변화에 따른 신축·터널내 지속적인 진동·타일 부착력 저하 등의 복합적 요인에 의한 것으로 판단되고 현 상태에서의 보수보다는 주의관찰이 요구된다.
갱문	◦갱문 및 본선과의 접속부에 대한 외관조사결과, 구조물에 손상이 발생되지 않은 건전한 상태인 것으로 조사되었다.	① 갱문 상태양호 시·종점에 시공된 갱문은 특이 손상이 발생되지 않은 건전한 상태이며, 현 상태를 지속할 수 있도록 주기적인 점검을 통한 유지관리가 요구된다.
배수시설	◦터널 내부 배수시설에 대한 외관조사결과, 측구에 균열(0.3㎜미만, 0.3㎜이상)이 다수 발생하고 일부 파손이 조사되었으며, 그레이팅이 설치된 집수구의 내부에 이물질이 퇴적된 것으로 확인되었다.	① 측구 균열(0.3㎜미만, 0.3㎜이상) 측구에서 조사된 균열은 콘크리트 경화시 수축과 구속의 영향으로 공동구에서 횡방향으로 발생하고 있으며, 점검일 현재 균열폭은 대부분 Cw=0.1~0.3㎜의 균열로서 주의관찰이 요구되고 향후 포장부 보수시에 일괄적으로 보수하는 것이 효율적일 것으로 판단된다. ② 측구 파손 측구 파손은 포장부와의 경계인 횡방향 시공줄눈 주변에서 발생하였으며, 이는 공용중 시·종점에서 유입되는 유수에 의한 동결융해작용 및 외부충격에 의한 손상으로 판단된다. 금회 조사된 파손은 방치시 손상이 심화될 것으로 예상되어 손상부에 대한 단면보수를 시행하여 유지관리하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. ③ 집수구 이물질퇴적, 그레이팅 부식 집수구 상면에 설치된 그레이팅은 공용기간이 증가하면서 노후화로 인해 일부 부식이 발생하고 있으나, 점검일 현재 보수가 필요한 상태는 아니므로 주기적인 점검을 통한 보수여부를 결정하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 또한, 배수시설 내부는 환경적인 요인 등의 영향으로 이물질 및 토사가 퇴적되고 있는 것으로 조사되었으며, 배수시설 내부에 이물질이 지속적으로 유입될 시 배수 기능상실이 우려되므로 원활한 배수처리를 위해 주기적인 준설 및 청소가 요구된다.

부 재	주요결함 및 외관조사결과	검토의견
공동구	◦공동구에 대한 외관조사결과, 측면에 균열(0.3㎜미만, 0.3㎜이상)이 다수 발생하고 있으며, 일부 측면 파손 및 박락, 철근노출, 덮개 파손이 조사되었다.	① 균열(0.3㎜미만, 0.3㎜이상) 공동구 측면에서 다수 조사된 균열은 콘크리트 경화시 수축과 구속의 영향으로 수직방향으로 발생하고 있으며, 점검일 현재 균열폭은 대부분 Cw=0.1~0.3㎜ 이하의 비진행성 균열로 판단되고 균열폭 Cw=0.3㎜ 이상의 균열에 대해서는 주입보수를 실시하여 유지관리하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. ② 파손, 철근노출 공동구 측면에서 발생한 파손 및 철근노출은 주행차량의 추돌에 의한 손상으로 판단되며, 손상면적은 적지만 내구성 저하 방지를 위해 손상부에 대한 단면보수를 시행하여 유지관리하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. ③ 덮개 파손 공동구의 덮개에서 조사된 파손은 덮개판 설치시 충격 및 공용중 외력에 의한 손상으로 판단되며, 유지관리시 점검자 및 관리자의 안전사고 발생 위험을 내재하고 있어 손상부에 대한 덮개 재설치가 요구된다.
포장부	◦포장부에 대한 외관조사결과, 포장 균열 및 망상균열, 마모, 파손, 패임, 재료분리가 발생하고 있는 것으로 조사되었다.	① 포장 균열, 망상균열 포장부에서 조사된 균열 및 망상균열은 건조수축 및 온도변화, 공용중 반복적인 차량 윤하중 재하 등의 요인에 의한 손상으로 판단되며, 망상균열이 시점(S1~8)에서 집중적으로 조사되었으나, 손상정도는 미미하여 주행에 영향이 없는 상태로 보여진다. 차후 안전점검에서 다른 구간에 손상이 다수 증가시 전체적인 보수 계획을 수립하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. ② 포장 마모 포장마모는 Span. 1~8 구간의 3차선에서 발생하고 있으며, 조사된 손상은 동절기에 염화칼슘이나 소금 등의 동결방지제를 살포함에 따라 콘크리트가 화학적으로 부식되거나 동결융해의 반복, 대형차량의 윤하중 재하에 의한 원인으로 판단되고 대형차량이 대부분 3차선으로 주행함에 따른 윤하중으로 표면 박리가 집중된 것으로 보여진다. 점검일 현재 손상으로 인하여 차량의 통행에 영향을 미치지 않는 상태로 부분적인 보수보다는 장기적인 포장보수계획을 수립하여 일괄적으로 보수하는 것이 효율적일 것으로 판단된다. ③ 포장 파손 포장부에 설치된 줄눈 주변으로 파손이 국부적으로 발생하고 있으며, 이는 온도변화에 따른 강성포장체의 신축거동, 반복적인 차량 통행에 의한 하중 등의 요인에 의한 손상으로 판단된다. 금회 점검시 조사된 포장부 줄눈에 발생한 단면손상은 방치시 심화 및 증가할 것으로 예상되어 진행을 억제하고 차량의 주행성 및 안전성을 확보할 수 있도록 손상부 절삭 후 무수축콘크리트 타설을 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

부 재	주요결함 및 외관조사결과	검토의견
포장부	◦(계속)	④ 패임 및 재료분리 포장부에서 조사된 패임, 재료분리는 콘크리트 타설시 품질관리미흡(배합 및 골재불량, 다짐미흡 등)에 의한 손상으로 판단되며, 향후 차량의 반복적인 통행에 의한 하중으로 마모, 골재 탈리 등의 손상이 발생할 수 있으므로 보수를 시행하여 유지관리하는 것이 효율적일 것으로 판단된다.
부대시설	◦피난연락갱 피난연락갱에 대한 외관조사결과, 전반적으로 손상이 발생하지 않은 건전한 상태인 것으로 조사되었다.	① 피난연락갱 상태양호 피난연락갱은 Span 56(차량용), Span 93(인도용), Span 130(차량용)에 시공되어 있으며, 점검결과 손상이 발생하지 않은 건전한 상태로서 현 상태를 지속할 수 있도록 주의관찰이 요구된다.
	◦사면 사면에 대한 외관조사결과, 전반적으로 식생 활착이 양호한 상태로 수목이 밀집하여 자생하고 있으며, 점검일 현재 사면붕괴 및 토석류 이동 등의 손상은 관찰되지 않은 건전한 상태로 조사되었다.	① 사면 표면 상태양호 사면에 대한 외관조사결과, 전반적으로 식생 활착이 양호하고 점검일 현재 사면붕괴 및 토석류 이동 등의 손상은 관찰되지 않은 건전한 상태이나, 이후의 유지관리 상태 및 예기치 않던 외적요인에 의해 잔존해 있던 위험요소가 일시적으로 노출되어 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검 등의 유지관리를 통해 기능성과 안전성을 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.
	◦터널 외부배수로 터널 외부배수로에 대한 외관조사결과, 시·종점에 설치된 외부 배수로에서 균열이 일부 발생한 것으로 조사되었다.	① 도수로 균열(0.3㎜이상) 시·종점에 설치된 도수로에서 조사된 균열은 콘크리트의 경화시 수축과 구속의 영향으로 표면균열이 발생한 것으로 판단되며, 구조물의 내구성 저하방지를 위한 균열폭(0.3㎜미만: 표면보수, 0.3㎜이상: 주입보수)에 따른 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 또한, 향후 터널 주변 식생의 영향으로 낙엽 및 토사 등이 퇴적되어 배수로의 기능이 저하될 수 있으므로 매년 우기철 전·후로 배수시설에 대한 정비가 요구된다.
기타 부속시설	◦기타 부속시설에 대한 외관조사결과, 내부에 설치 및 비치된 부속시설의 외관 및 관리상태는 양호한 것으로 확인되었다.	① 기타 부속시설 상태양호 본 터널의 내부에 설치된 부속시설의 설치상태가 양호하고 시설물의 사용성을 저해할만한 문제점은 없는 것으로 판단되며, 공용중 부속시설의 상태변화 및 제기능 확보에 대한 지속적인 관찰 및 점검이 요구된다.

부 재	주요결함 및 외관조사결과	검토의견
공중이 이용하는 부위	◦추락방지시설 추락방지시설에 대한 외관조사결과, 공동구 상단에 설치된 난간의 지주가 일부 파손되어 탈락된 것으로 조사되었다.	① 난간 지주 파손, 탈락 공동구 상단에 설치된 난간의 지주가 공용중 외력으로 파손 및 탈락이 발생한 것으로 조사되었으며, 손상정도는 경미하나 유지관리시 점검자 및 관리자의 안전사고 예방을 위해 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.
	◦도로포장 (교면포장)	◦본 문수터널(부산)은 총 연장 1,508.0m로 콘크리트 포장이 시공되어 있으며, 포장균열 및 파손, 패임, 재료분리 등의 손상이 조사되었으며, 차량에 직접적인 파손을 유발할 정도는 아닌 것으로 검토되었다. 금회 조사된 손상은 일부 보수가 요구되나, 중대한 결함은 발생하지 않은 것으로 검토되었다.
	◦환기구 등의 덮개 (공동구 및 배수시설 덮개)	◦본 공동구의 상부에는 콘크리트 덮개가 설치되어 시설물의 안전점검 및 유지관리자가 이용하고 있어 공중이 이용하는 부위에 대한 점검결과 덮개 파손이 발생한 것으로 조사되었으며, 덮개 손상으로 유지관리시에 안전사고 발생 위험을 내재하고 있어 손상부에 대한 일부 보수가 필요한 상태로 검토되었다. 또한, 포장부 좌·우측에는 측구가 시공되어 일정한 간격으로 집수구가 위치하고 상면에는 철재 그레이팅 덮개가 설치된 것으로 확인되었다. 배수시설의 그레이팅 덮개는 차량이동 구간에 인접하게 설치된 상태이며, 공용중 덮개 유실, 지지상태 불량 등으로 주행차량의 안전사고 발생 가능성이 있어 공중이 이용하는 부위에 포함하였다. 그레이팅 덮개에 대한 점검결과 덮개의 지지상태는 양호하였으며, 덮개 유실 등의 손상이 발생하지 않은 상태로 지속적인 점검을 통한 주의관찰이 요구된다.
유해·위험요인 (10대)	◦본 과업대상 문수터널(부산)은 중대시민재해를 유발할 수 있는 위험요소로 낙하물(고드름 낙하사고), 콘크리트 열화(터널 배수구 뚜껑파손) 등의 항목이 해당된다.	◦공중이용시설 10대 위험요소 중 터널에 해당하는 항목에 대한 점검결과, 본 터널은 포장부 좌·우측에 측구를 시공하여 일정간격으로 집수구(그레이팅 덮개)가 설치되어 있으며, 일부 균열 및 파손 등의 손상이 확인되었지만, 재해를 유발할 정도의 손상은 아닌 것으로 검토되었다. 또한 터널의 입·출구부의 라이닝의 누수는 없는 상태이며, 향후 소형 결함으로도 재해 발생 가능성이 있으므로 유해·위험요인이 있는 취약시설물에 대한 중점관리 및 예방 차원의 긴급보수·보강 등의 유지관리가 요구된다.

나. 내구성 조사

시 험 명	시험부위		시험 결과	책임기술자 의견
비파괴강도 (MPa)	라이닝		26.5 ~ 27.2	· 설계강도 이상을 확보 - 라이닝: 24.0MPa
탄산화시험 (㎜)	라이닝	탄산화 깊이	4.3 ~ 5.3	· 탄산화 등급은 “a”등급
		잔여깊이	55.2 ~ 62.7	
종합평가	· 비파괴강도 측정결과, 라이닝의 설계기준강도를 상회하는 것으로 측정·검토됨. 건전부와 비건전부 비교결과 비건전부의 강도저하는 있으나 설계기준강도 100%이상으로 강도부족에 의한 내구성저하는 없는 것으로 분석됨. · 탄산화시험결과, 라이닝의 탄산화 잔여깊이는 30㎜이상으로 상태평가 기준“a”등급으로 조사되어 탄산화에 대한 철근부식 발생 우려는 없는 것으로 판단됨.			

다. 종합평가

1) 상태평가

구조물	결함지수	상태평가 결과	시설물의 결함지수(F)
기본시설	0.174	B	기본시설 결함지수(F) × 부대시설 가중치(W) = 0.174 × 1.00
부대시설	0.000	A	

결함지수	0.174
상태평가 등급	B

본 문수터널(부산)의 상태평가 결과 “보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태”인 「B등급」으로 평가되었다.

2) 종합평가

구 분	상태평가		안전성평가	
	평가지수	평가기준	안전율	평가기준
평가결과	0.174	B	미실시 (정밀안전진단 과업)	
안전등급 지 정	상태평가 B 안전성평가 (미실시) - 안전등급 B			

안전등급은 상태평가 결과와 안전성평가 결과 중 낮은 등급을 안전등급으로 지정하나 금회 실시한 정밀안전점검에서는 안전성평가(정밀안전진단 과업)를 실시하지 않아 안전등급은 B등급 “보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태”로 지정되었다.

3) 공중이 이용하는 부위 상태평가

구 분	시설물명	등급	비고
공중이 이용하는 부위	◦ 추락방지시설	b	난간 설치
	◦ 도로포장	b	콘크리트 포장
	◦ 도로부 신축이음부	-	해당없음
	◦ 환기구 등의 덮개	c	공동구 덮개, 배수시설 그레이팅 덮개

본 터널은 공중이 이용하는 부위로 추락방지시설(난간), 도로포장, 환기구 등의 덮개(공동구 덮개, 배수시설 그레이팅 덮개) 등이 해당되며, 금회 점검시 조사된 결함으로 각 평가항목 및 기준에 따라 상태평가 결과 중대한 결함은 발생하지 않은 상태로 평가되었다.

라. 정밀안전진단 및 사용제한 필요성

정밀안전점검 대상 시설물인 문수터널(부산)는 2008년 준공 후 15년이 경과된 터널으로서 금회 정밀안전점검 결과 시공상태가 양호하고, 활하중 작용 등 외력에 의한 구조적 결함이나 손상이 없는 상태로서 국부적으로 발생한 손상·결함부에 대해 보수를 시행한다면 구조물의 기능성과 안전성을 확보할 수 있으므로 현재 상태의 정밀안전진단 및 사용제한 등의 필요성이 없으며 향후 “시설물의 안전관리에 관한 특별법”에 의한 정기점검, 정밀안전점검 등의 시행과 동절기와 해빙기를 전·후하여 특별점검 등 지속적 유지관리를 행하면 설계시 의도한 내구연한을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

마. 보수·보강 방안

1) 보수·보강 방안 및 개략공사비

점검부위	결함 및 손상내용	손상물량	보수물량	단위	보수·보강(안) 공법	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위	비고
천단부	균열, 재균열(0.3㎜이상)	82.00	46.30	m	주입보수	80	3,704	1	
	균열, 재균열(0.3㎜미만)	375.20	93.80	m/㎡	표면보수	65	6,097	3	
	망상균열	46.00	69.00	㎡	표면보수	65	4,485	3	
	철근노출	0.36	1.00	㎡	철근방청+단면보수	270	270	1	
	박락, 보수부 박락	0.23	1.00	㎡/식	제거 후 단면보수	5,000	5,000	1	
	마감불량	0.07	1.00	㎡	단면보수	240	240	2	
배수시설	측구 파손	0.48	1.00	㎡	단면보수	240	240	2	
	집수구 이물질 퇴적	57	57	EA	청소	20	1,140	1	
공동구	균열(0.3㎜이상)	37.30	37.30	m	주입보수	80	2,984	1	
	철근노출	0.75	1.13	㎡	철근방청+단면보수	270	306	1	
	긁힘, 파손	1.90	2.85	㎡	단면보수	240	684	2	
	들뜸, 박락	0.32	1.00	㎡	단면보수	240	240	2	
	덮개 파손	62	62	EA	덮개 재설치	500	31,000	2	
포장부	패임, 파손	6.11	9.17	㎡	절삭 후 단면보수	300	2,751	2	
	재료분리	0.20	1.00	㎡	절삭 후 단면보수	300	300	3	
외부 배수로	균열(0.3㎜이상)	11.00	11.00	m	주입보수	80	880	2	
난간	지주 파손, 탈락	3	3	EA	지주 재설치	500	1,500	3	
순 공 사 비							61,821		
제경비(순공사비×0.5)							30,911		
총 공 사 비							**92,732**		

※ 상기 개략공사비는 실시설계시 공법선정, 단가변동 및 현장여건 상 변동될 수 있음.

바. 종합결론

1) 문수터널(부산)는 준공 후 15년이 경과된 NATM 터널으로 금회 정밀안전점검결과 콘크리트 라이닝에서 균열(0.3㎜미만, 0.3㎜이상), 망상균열, 시공이음부 들뜸 및 박락, 철근 노출, 마감불량 등이 발생하고 터널 주변시설의 배수시설 집수구 막힘, 측구 균열 및 파손, 공동구 균열 및 파손, 덮개 파손, 포장부 균열 및 줄눈 주변 파손 등의 손상이 조사되어 손상부에 대한 적절한 보수가 요구된다.

콘크리트 라이닝의 시공이음부에 발생한 들뜸 및 박락은 향후 손상부 탈락으로 주행차량의 안전사고가 우려되므로 우선적으로 손상 제거 후 보수 등의 유지관리가 요구된다.

2) 내구성시험 결과, 반발경도법에 의한 비파괴 강도는 100%을 상회하는 것으로 측정되어 강도저하는 없는 것으로 판단되고 탄산화 시험은 모든 측정부위에서 탄산화 잔여깊이가 30㎜이상으로 탄산화에 의한 내구성 저하는 발생하지 않은 것으로 검토되었다.

3) 따라서, 본 터널은 「보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부 보수가 필요한 상태」인 “B등급”으로 평가 되었으며, 금회 점검시 조사된 손상・결함부에 대하여 보수를 시행한다면 공용상의 문제는 없을 것으로 판단되고 시설물 등급의 상향 또는 현 상태의 등급을 지속적으로 유지할 수 있을 것으로 판단된다.

4) 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 여부

- 금회 정밀안전점검 실시결과 시설물의 사용제한 필요 없는 것으로 판단된다.

5) 유지관리시 특별한 관리가 요구되는 사항

- 콘크리트 라이닝 균열(0.3㎜이상)의 진전 및 추가 발생유무
- 시공이음 들뜸 및 박락의 손상부 탈락 발생유무
- 포장 줄눈 주변 파손의 심화 및 주행성 저하 유무

6) 기타 필요한 사항

- 터널의 효율적인 유지관리를 위한 내부에 스판(Span) 번호(No.)가 적힌 명판 설치 필요
- 일부 공동구 덮개파손으로 점검·유지관리자의 이동시 전도 등의 안전사고가 발생될 수 있으므로 덮개 파손부 교체와 함께 점검·유지관리자에 대한 안전교육 필요